

Attorney Docket  
33035M139

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicants : Jun-ichi Hashimoto, et al.

Serial No. : To Be Assigned

Art Unit : Not Yet Assigned

Filed : Herewith

Examiner : Not Yet Assigned

For : LASER MODULE

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119**

Commissioner For Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

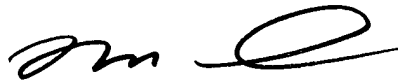
Sir :

The above-referenced patent application claims priority benefit from the foreign patent application listed below:

**Application No. 2003-054691, filed in JAPAN on February 28, 2003.**

In support of the claim for priority, attached is a certified copy of the Japanese priority application.

Respectfully submitted,  
SMITH, GAMBRELL & RUSSELL, LLP



---

Michael A. Makuch, Reg. No. 32,263  
1850 M Street, NW – Suite 800  
Washington, DC 20036  
Telephone : 202/263-4300  
Facsimile : 202/263-4329

Date : January 29, 2004



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    2 月 2 8 日  
Date of Application:

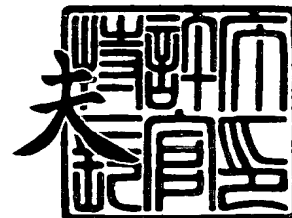
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 5 4 6 9 1  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 5 4 6 9 1 ]

出      願                      人                      住 友 電 気 工 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月 2 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 103Y0049

【提出日】 平成15年 2月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/42  
H01S 3/05

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 橋本 順一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業  
株式会社大阪製作所内

【氏名】 高橋 成治

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108257

【弁理士】

【氏名又は名称】 近藤 伊知良

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ファイバグレーティングレーザモジュール及び光信号を発生する方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 及び第 2 の端面を有する半導体光増幅素子と、一端及び回折格子を有するグレーティングファイバと、前記第 1 の端面及び前記一端を互いに光学的に結合するためのレンズとを含む外部共振器を備え、

前記外部共振器の光学的共振器長が 13 ミリメートル以上である、ファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 2】 第 1 及び第 2 の端面を有する半導体光増幅素子と、一端及び回折格子を有するグレーティングファイバと、前記半導体光増幅素子及び前記グレーティングファイバを互いに光学的に結合して外部共振器を構成するための部品搭載部材とを備え、

前記部品搭載部材は前記グレーティングファイバの前記一端を突き当てる突当面を含んでおり、

前記部品搭載部材は、前記半導体光増幅素子を搭載しており、

前記外部共振器の光学的共振器長が 13 ミリメートル以上である、ファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 3】 前記グレーティングファイバの前記一端は、レンズ化端部である、請求項 1 または請求項 2 に記載のファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 4】 前記グレーティングファイバの前記回折格子は、反射スペクトルを有しており、反射スペクトルの半値全幅は 0.4 ナノメートル以下である、請求項 1 ～請求項 3 のいずれかに記載のファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 5】 前記グレーティングファイバの前記回折格子は、反射スペクトルを有しており、前記外部共振器における隣接する縦モードの間隔は、前記反射スペクトルの半値全幅以下である、請求項 1 ～請求項 4 のいずれかに記載のフ

ファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 6】 前記半導体光増幅素子を搭載する搭載部品と、  
前記搭載部品上に設けられ前記レンズを保持するレンズ保持部材と、  
前記搭載部品上に設けられ前記グレーティングファイバを保持するフェルールと、  
前記フェルールを保持するフェルール保持部材と  
を更に備え、

前記グレーティングファイバは、前記回折格子が設けられた第 1 の部分とピグテール状の第 2 の部分とを有する、請求項 1、3、4 及び 5 のいずれかに記載のファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 7】 前記半導体光増幅素子を搭載する搭載部品と、  
前記搭載部品上に設けられ前記レンズを保持するレンズ保持部材と、  
前記回折格子が設けられ前記搭載部品上に設けられたファイバスタブを保持するフェルールと、

前記フェルールを保持するフェルール保持部材と  
を更に備える、請求項 1、3、4 及び 5 のいずれかに記載のファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 8】 前記部品搭載部材は、所定の軸に沿って設けられた第 1 の領域及び第 2 の領域を有しており、

前記半導体光増幅素子は、前記部品搭載部材の前記第 1 の領域に搭載されており、

前記グレーティングファイバは、前記部品搭載部材の前記第 2 の領域に搭載されており、

前記部品搭載部材の前記第 2 の領域は、前記グレーティングファイバの側面を支持する第 1 及び第 2 の支持面とを有している、請求項 2 ～ 5 のいずれかに記載のファイバグレーティングレーザモジュール。

【請求項 9】 光信号を発生する方法であって、該光信号は、レーザモジュールから提供されており、前記レーザモジュールの光共振器の縦モードは、温度に応じて変化するものであり、前記レーザモジュールはモードホップ温度におい

てモードホップを生じるものであり、

該レーザモジュールに電気信号を加えるステップと、

前記レーザモジュールの環境温度が前記モードホップ温度であるとき、隣接する 2 つの縦モードに対応する第 1 及び第 2 の波長成分を含むレーザ信号光を前記レーザモジュールから発生するステップと、

前記レーザモジュールの環境温度が前記モードホップ温度と異なる温度であるとき、単一の縦モードに対応するレーザ信号光を前記レーザモジュールから発生するステップと

を備えており、

前記第 1 の波長成分と前記第 2 の波長成分との間隔は、90 ピコメートル以下である、方法

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信のためのファイバグレーティングレーザ及び光信号を発生する方法に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

非特許文献 1 には、ファイバグレーティングレーザが記載されている。このファイバグレーティングレーザは、ペルチェ素子を備えておらず、無温調である。ファイバグレーティングレーザは、DFB 型半導体レーザに比べて優れた波長の温度依存性及び波長の電流依存性を示す。ファイバグレーティングレーザの発振波長は、半導体光増幅素子とファイバグレーティングとから構成される外部光共振器の縦モードとファイバグレーティングの反射特性との相関により規定される。同文献の図 2 に示されるように、ファイバグレーティングレーザは、ファイバグレーティングの反射スペクトル内に一本以上の縦モードが含まれるように構成されている。また、同文献の図 4 に示されるように、ファイバグレーティングレーザのサイズは小さい。

##### 【0003】

**【非特許文献 1】**

信学技報(TECHNICAL REPORT OF IEICE) EMD2002-24、CPM2002-66、OPE2002-46、LQE2002-101 (2002-08)、社団法人 電子情報通信学会(THE INSTITUTE OF ELECTRONICS, INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS)

**【0 0 0 4】****【発明が解決しようとする課題】**

ファイバグレーティングレーザにおいては、ファイバグレーティングのブラッグ波長に最も近い縦モードが発振する。このブラッグ波長は、石英といった構成材料の物性値に起因する温度依存性を有する。石英製ファイバグレーティングの温度特性は、約 1 0 ピコメートル／度であり、半導体光増幅素子への注入電流には実質的には依存しない。結果的に、ファイバグレーティングレーザは、DFB 型半導体レーザ素子に比べて、注入電流及び環境温度の変化に対する小さい依存性を示す。

**【0 0 0 5】**

しかしながら、ファイバグレーティングレーザでは、発振波長の縦モードは外部共振器長に関連しており温度に応じて変化するものであり、ファイバグレーティングのブラッグ波長も温度に応じて変化するものである。縦モードの温度変化率はブラッグ波長の温度変化率より大きい。結果的に、温度が変化するときモードホップが生じる。モードホップでは、発振波長に対応する縦モードが、現縦モードから、これに隣接する短波長側の縦モードへ変化するとき、発振波長が現波長から短波長側の隣接波長へ離散的に変化する。

**【0 0 0 6】**

モードホップが生じると伝達特性が劣化する可能性がある。そこで、モードホップの発生を避けるために、ファイバグレーティングのブラッグ波長の温度依存性とファイバグレーティングレーザの縦モードの温度依存性とを近づける試みがある。いわゆるモードホップフリーを実現することが研究されている。しかし、ファイバグレーティングレーザの縦モードとファイバグレーティングのブラッグ波長の温度変動率を完全に一致させることは困難であり、現実的には、ある限られた温度範囲でしかモードホップフリー化できない。その上、モードホップフリ



一化は、構造、材料の複雑化によりコスト高となり、この点からも実用化は困難であった。

#### 【0007】

モードホップしているとき、ファイバグレーティングレーザの隣接する2つ以上の縦モード間で競合が生じている。モードホップが生じているファイバグレーティングレーザの発振スペクトルを観測すると、隣接する2つ以上の縦モードが同等の強度で発振している。つまり、ファイバグレーティングレーザは、多モードで発振している。

#### 【0008】

光通信では、長距離伝送には、単一モードの光が信号光として用いられている。なぜなら、多モードの光を信号光として用いるとき、多モードに起因して、長距離伝送においては、伝送パルスに無視できない遅延歪みが生じ、伝送特性が劣化するからである。

#### 【0009】

モードホップに煩わされることなく実用的な環境温度において単一モードの光をファイバグレーティングレーザから得るために、ペルチェ素子を用いて半導体光増幅素子の温度が調整される。ペルチェ素子の使用は、ファイバグレーティングレーザのコストを上昇させる。このコスト上昇を受け入れることが可能な用途でなければ、温調されたファイバグレーティングレーザを使用できない。

#### 【0010】

一方、低コストな光源が、メトロ系、アクセス系といった光通信システムに求められている。これらの光通信システムにおける該光源の一候補は、無温調(uncooled)ファイバグレーティングレーザである。

#### 【0011】

そこで、無温調ファイバグレーティングレーザを実現するために様々な研究を行った結果、モードホップの発生の有無に関係なく、光通信のための光源として利用できるファイバグレーティングレーザの発明を為した。

#### 【0012】

本発明の目的は、モードホップの発生の有無に関係なく長距離伝送用の光源と

して利用できる光通信のためのファイバグレーティングレーザおよび光信号を発生する方法を提供することにある。

#### 【 0 0 1 3 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の一側面によれば、ファイバグレーティングレーザモジュールは、(a) 第 1 及び第 2 の端面を有する半導体光増幅素子と、(b) 一端及び回折格子を有するグレーティングファイバと、(c) 第 1 の端面及び一端を互いに光学的に結合するためのレンズとを含む外部共振器を備える。外部共振器の光学的共振器長が 1 3 ミリメートル以上である。

#### 【 0 0 1 4 】

本発明の一側面によれば、ファイバグレーティングレーザモジュールは、(a) 第 1 及び第 2 の端面を有する半導体光増幅素子と、(c) 一端及び回折格子を有するグレーティングファイバと、(c) 半導体光増幅素子及びグレーティングファイバを互いに光学的に結合して外部共振器を構成するための部品搭載部材を備える。部品搭載部材はグレーティングファイバの一端を突き当てる突当面を含んでおり、部品搭載部材は半導体光増幅素子を搭載しており、外部共振器の光学的共振器長が 1 3 ミリメートル以上である。

#### 【 0 0 1 5 】

本発明の一側面によれば、ファイバグレーティングレーザモジュールは、第 1 及び第 2 の端面を有する半導体光増幅素子と、半導体光増幅素子に光学的に結合された一端を有する光導波路と、光導波路に光学的に結合された回折格子とを備える。半導体光増幅素子の第 1 の端面及び回折格子は、外部共振器を構成しており、外部共振器の光学的共振器長が 1 3 ミリメートル以上である。

#### 【 0 0 1 6 】

これらのファイバグレーティングレーザモジュールでは、外部共振器の長さがより長いので、縦モード間隔がより狭まり、モードホップ時の多モード発振による遅延歪みが軽減される。したがって、モードホップ時においても良好な伝送状態が維持され、モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる。

#### 【 0 0 1 7 】

本発明のファイバグレーティングレーザモジュールでは、グレーティングファイバの一端は、レンズ化端部であるようにしてもよい。レンズ化端部によれば、半導体光増幅素子とグレーティングファイバとの光学的結合を更に強化することができるので、ファイバグレーティングレーザモジュールの特性が向上する。

#### 【0018】

本発明のファイバグレーティングレーザモジュールでは、半導体光増幅素子は、該半導体光増幅素子から出射される光のスポットサイズを変換するための変換部を備えるようにしてもよい。変換部によれば、半導体光増幅素子から出射される光のスポットサイズを変換して、半導体光増幅素子とグレーティングファイバとの光学的な結合を更に強化することができるので、ファイバグレーティングレーザモジュールの特性が向上する。

#### 【0019】

本発明のファイバグレーティングレーザモジュールでは、グレーティングファイバの回折格子は反射スペクトルを有しており、反射スペクトルの半値全幅は0.4ナノメートル以下であるようにしてもよい。この反射スペクトルによれば、モードホップ領域においてブラッグ波長の近傍の2つの縦モードの反射率に比べて、これらの縦モード以外の縦モードの波長における反射率が小さくなる。

#### 【0020】

そのため、この半値全幅によれば、ブラッグ波長の近傍の2つの縦モード(主要モード)以外の縦モードのレーザ発振は抑制され、主要モードに比べて10デシベル(dB)以上弱くなり、無視しうるレベルとなる。すなわち、0.4ナノメートル(nm)以下の半値全幅のファイバグレーティングを用いれば、モードホップ領域において2モード発振となり、2モードを越える多モード発振が抑制される。故に、2モードを越える多モードの波長成分を含む信号光がファイバグレーティングレーザモジュールにおいて発生するのを抑制できる。また、2モードを越える多モードの波長成分に起因する伝送遅延の増加を防ぐことができ、これによる伝送劣化がより軽減される。

#### 【0021】

本発明のファイバグレーティングレーザモジュールでは、グレーティングファ

イバの回折格子は反射スペクトルを有しており、外部共振器における隣接する縦モードの間隔は、反射スペクトルの半値全幅以下であるようにしてもよい。このファイバグレーティングレーザモジュールによれば、モードホップ領域において、反射スペクトルの半値全幅に複数の縦モードが存在する。したがって、モードホップ時には、複数のモードが同時に発振するので、発振が隣接モードにスムーズに移行し、モードホップ時の出力変動を抑制できる。

#### 【0022】

本発明のファイバグレーティングレーザモジュールは、引き続き説明されるいくつかの形態により実現できる。

#### 【0023】

本発明のファイバグレーティングレーザモジュールは、(d)半導体光増幅素子を搭載する搭載部品と、(e)搭載部品上に設けられレンズを保持するレンズ保持部材と、(f)搭載部品上に設けられグレーティングファイバを保持するフェルールと、(g)フェルールを保持するフェルール保持部材とを更に備えることができる。グレーティングファイバは、回折格子が設けられた第1の部分とピグテール状の第2の部分とを有する。

#### 【0024】

また、本発明のファイバグレーティングレーザモジュールは、(d)半導体光増幅素子を搭載する搭載部品と、(e)搭載部品上に設けられレンズを保持するレンズ保持部材と、(f)回折格子が設けられ搭載部品上に設けられたファイバスタブを保持するフェルールと、(g)フェルールを保持するフェルール保持部材とを更に備えることができる。

#### 【0025】

さらに、本発明のファイバグレーティングレーザモジュールは、(d)所定の軸に沿って設けられた第1の領域及び第2の領域を有する部品搭載部材を更に備えることができる。半導体光増幅素子は部品搭載部材の第1の領域に搭載されており、グレーティングファイバは部品搭載部材の第1の領域に搭載されており、部品搭載部材の第2の領域はグレーティングファイバの側面を支持する第1及び第2の支持面とを有している。

**【 0 0 2 6 】**

本発明の別の側面は、光信号を発生する方法であり、レーザモジュールの光共振器の縦モードは温度に応じて変化するものであり、レーザモジュールは少なくとも一つのモードホップ温度においてモードホップを生じるものである。この方法は、(a)該レーザモジュールに電気信号を加えるステップ、(b)レーザモジュールの環境温度がモードホップ温度であるとき、隣接する2つの縦モードに対応する第1及び第2の波長成分を含むレーザ信号光をレーザモジュールから発生するステップと、(c)レーザモジュールの環境温度がモードホップ温度と異なる温度であるとき、単一の縦モードに対応するレーザ信号光を前記レーザモジュールから発生するステップとを備えており、第1の波長成分と第2の波長成分との間隔は90ピコメートル以下である。

**【 0 0 2 7 】**

本発明の別の側面は、光信号を発生する方法であり、レーザモジュールの光共振器の縦モードは温度に応じて変化するものであり、レーザモジュールは少なくとも一つのモードホップ温度においてモードホップを生じるものである。この方法は、(a)レーザモジュールの環境温度がモードホップ温度であるとき、該レーザモジュールに電気信号を加えて、該レーザモジュールの縦モードに対応する第1及び第2の波長成分を含むレーザ信号光をレーザモジュールから発生するステップと、(b)レーザモジュールの環境温度がモードホップ温度と異なる温度であるとき、該レーザモジュールに電気信号を加えて、単一の縦モードに対応するレーザ信号光をレーザモジュールから発生するステップとを備える。第1の波長成分と第2の波長成分との間隔は90ピコメートル以下である。

**【 0 0 2 8 】**

この方法では、第1の波長成分と第2の波長成分との間隔は90ピコメートル以下であるので、第1及び第2の波長成分に起因する光の伝送遅延の差が小さいので、光信号の歪みが小さい。よって、モードホップ領域において、伝送遅延に起因する伝送劣化は生じない。

**【 0 0 2 9 】**

本発明の上記の目的および他の目的、特徴、並びに利点は、添付図面を参照

して進められる本発明の好適な実施の形態の以下の詳細な記述から、より容易に明らかになる。

### 【0030】

#### 【発明の実施の形態】

本発明の知見は、例示として示された添付図面を参照して以下の詳細な記述を考慮することによって容易に理解できる。引き続いて、添付図面を参照しながら、本発明のファイバグレーティングレーザモジュールおよび光信号を発生する方法に係わる実施の形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付する。本実施例は、1.55マイクロメートルの光通信波長帯におけるものであるが、本発明の適用範囲は、これに限られるものではなく、他の任意の波長帯においても同様にして本発明を実施できる。

#### （第1の実施の形態）

図1(A)、図1(B)、図2(A)及び図2(B)は、ファイバグレーティングレーザモジュールの構成を示す図面である。図1(A)、図1(B)、図2(A)及び図2(B)を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール1a、1b、1c、1dは、半導体光増幅素子3と、光ファイバといった光導波路5と、ファイバグレーティングといった回折格子7とを備える。半導体光増幅素子3は、第1の端面3a及び第2の端面3bを有する。光導波路5は、半導体光増幅素子3に光学的に結合されている。回折格子7は、光導波路5に光学的に結合されている。半導体光増幅素子3の第2の端面3bと回折格子7との間で外部共振器を構成している。外部共振器7の光学的共振器長Lは13ミリメートル以上である。これらのファイバグレーティングレーザモジュールでは、外部共振器9の長さがより長いので、モードホップ時の多モード発振に起因する遅延歪みによる伝送劣化が抑制されるので、モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる。

### 【0031】

以下では、光導波路5として、回折格子を有するグレーティングファイバを用いる場合について説明する。図1(A)を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール1aは、外部共振器9aを備える。外部共振器9aは、半導体光増幅素子3と、グレーティングファイバ5と、レンズ11とを含む。グレーティ

ングファイバ5は、一端5aと、一端5aから所定の距離だけ隔置された回折格子7とを有する光ファイバである。レンズ11は、グレーティングファイバ5の一端5aを半導体光増幅素子3の第1の端面3aに光学的に結合している。外部共振器9aの光学的共振器長 $L_a$ は13ミリメートル以上である。レンズ11によれば、回折格子7と半導体光増幅素子3との光学的な結合を強化できる。

#### 【0032】

図1(B)を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール1bは、外部共振器9bを備える。外部共振器9bは、半導体光増幅素子3と、グレーティングファイバ5と、レンズ11とを含む。グレーティングファイバ5は、一端5b、一端5bから所定の距離だけ隔置された回折格子7とを有する。一端5bは、レンズ化端部を有する。レンズ11は、グレーティングファイバ5の一端5bを半導体光増幅素子3の第1の端面3aに光学的に結合している。外部共振器9bの光学的共振器長 $L_b$ は13ミリメートル以上である。レンズ化端部によれば、半導体光増幅素子3とグレーティングファイバ5との光学的な結合を更に強化することができ、ファイバグレーティングの特性が向上する。

#### 【0033】

これらのファイバグレーティングレーザモジュール1a、1bは、筐体17を備える。筐体17は、半導体光増幅素子3と、グレーティングファイバ5と、レンズ11とを保持している。

#### 【0034】

図2(A)を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール1cは、外部共振器9cを構成するための部品搭載部材13を備える。外部共振器9cは、半導体光増幅素子3と、グレーティングファイバ5とを含む。部品搭載部材13は、第1の領域15a及び第2の領域15bを有している。第1及び第2の領域15a、15bは所定の軸に沿って配置されている。第1の領域15aは、半導体光増幅素子3を搭載する。第2の領域15bは、グレーティングファイバ5の一端5cを突き当てる突当面15cを含む。外部共振器9cの光学的共振器長 $L_c$ は13ミリメートル以上である。グレーティングファイバ5は、突当面15cにより位置決めされ、半導体光増幅素子3とバットジョイントにより光学的に結

合される。

#### 【0035】

本構造では、独立したレンズが不要となるので、それを用いる構成に比べて、低コスト化が図れる。また、共振器を構成する部品が半導体光増幅素子3とグレーティングファイバ5のみなので、ファイバグレーティングレーザモジュールの組立時の光学的な調芯作業がより容易になり、生産性向上、低コスト化が図れる。

#### 【0036】

図2(B)を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール1dでは、グレーティングファイバ5の一端は、レンズ化端部5dであるようにしてもよい。外部共振器9dの光学的共振器長Ldは13ミリメートル以上である。レンズ化端部5dによれば、半導体光増幅素子3とグレーティングファイバ5との光学的な結合を更に強化することができ、ファイバグレーティングの特性が向上する。

#### 【0037】

ファイバグレーティングレーザモジュール1c、1dの部品搭載部材13によれば、グレーティングファイバ5は、パッシブアライメントにより半導体光増幅素子3との光学的な結合を達成される。ファイバグレーティングレーザモジュール1c、1dは、バットジョイント構造を有する。

#### 【0038】

ファイバグレーティングレーザモジュール1c、1dの構造において部品搭載部材13としてシリコンベンチ等の安価な部材が使用できるため、材料コストを削減できる。また、部品搭載部材13に位置合わせ用マーカや部品配置用の溝等をあらかじめ形成することで、半導体光増幅素子3やグレーティングファイバ5をパッシブアライメントにより高精度で実装できる。したがって、半導体光増幅素子3を発光させながらの調芯作業による、半導体光増幅素子3とグレーティングファイバ5との光軸合わせが不要になり、実装の手間が軽減され、したがって、製造コストを削減できる。これらにより、モジュールの低コスト化が図れる。



## 【0039】

これらのファイバグレーティングレーザモジュール 1a、1b、1c、1d において、半導体光増幅素子 3 は、該半導体光増幅素子 3 から出射される光のスポットサイズを変換するための変換部を備えるようにしてもよい。変換部によれば、半導体光増幅素子 3 から出射される光のスポットサイズを変換して、半導体光増幅素子 3 とグレーティングファイバ 5 との光学的な結合を更に強化することができ、ファイバグレーティングの特性が向上する。

## 【0040】

上記のファイバグレーティングレーザモジュール 1a、1b、1c、1d によれば、ファイバグレーティングレーザモジュールの温度調整を行うことなく、毎秒 1 ギガビット (bps) 程度の伝送レートで長距離伝送が可能である。

## 【0041】

これらのファイバグレーティングレーザモジュール 1a、1b、1c、1d において、半導体光増幅素子 3 は、該レーザモジュールのリード端子 19a、19b を介して伝送信号  $D_{IN}$  を受ける。該レーザモジュールは、伝送信号  $D_{IN}$  に応答して信号光  $L_{OUT}$  を発生する。

## 【0042】

図 3 は、ファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度変化を示すグラフである。図 3 において、縦軸はレーザ光の波長を示しており、横軸はファイバグレーティングレーザモジュールの環境温度を示している。図 3 を参照すると、通常領域 R1 では、ファイバグレーティングレーザモジュールは、m 番目の縦モード  $M_1$  において発振している。通常領域 R3 では、ファイバグレーティングレーザモジュールは、m+1 番目の縦モード  $M_2$  において発振している。通常領域 R5 では、ファイバグレーティングレーザモジュールは、m+2 番目の縦モード  $M_3$  において発振している。これらの縦モードの各々に関して、発振波長は、温度の上昇につれて長くなる。通常領域 R1 と R3 との間には、第 1 のモードホップ領域 R2 がある。通常領域 R3 と R5 との間には、第 2 のモードホップ領域 R4 がある。

## 【0043】

図4(A)及び図4(B)は、それぞれ通常領域R1とモードホップ領域R2におけるファイバグレーティングレーザモジュールの回折格子が示す反射スペクトルと、ファイバグレーティングレーザモジュールの縦モードとの関係を示す図面である。図4(A)及び図4(B)において、横軸は波長を示しており、縦軸は回折格子の反射率を示している。図4(A)及び図4(B)には、反射スペクトルSRと縦モード列LMが示されている。図5(A)は、通常領域R1において動作するファイバグレーティングレーザモジュールの発振スペクトルを示す図面である。図5(B)は、通常領域R1において動作するファイバグレーティングレーザモジュールを用いた場合の光伝送後の光伝送のアイパターンを示す図面である。図5(A)において、縦軸はパワーを示しており、横軸は波長を示している。図6(A)は、モードホップ領域R2において動作するファイバグレーティングレーザモジュールの発振スペクトルを示す図面である。図6(B)は、モードホップ領域R2において動作するファイバグレーティングレーザモジュールを用いた場合の光伝送後のアイパターンを示す図面である。図6(A)において、縦軸はパワーを示しており、横軸は波長を示している。

#### 【0044】

通常領域R1においては、図4(A)に示すように、m番目の縦モードM<sub>1</sub>のみがブラッグ波長の近傍にあるので、図5(A)に示すように、m番目の縦モードM<sub>1</sub>が単一モード発振している。したがって、光伝送路の波長分散に起因する光パルスの遅延歪みは発生しない。その結果、図5(B)に示すように、ジッタ成分の無いアイパターンが得られ、この光伝送では、遅延歪みによる伝送劣化は生じない。

#### 【0045】

次に、環境温度がモードホップ領域R2まで上昇した場合を考える。ファイバグレーティングレーザモジュールの各縦モード波長の列及びファイバグレーティングの反射スペクトルのブラッグ波長は、温度が上昇すると、長波長側にシフトする。しかしながら、縦モードの温度変化率はブラッグ波長の温度変化率より大きいので、ある大きさの温度変化に対して、縦モードのシフト量はブラッグ波長のシフト量より大きい。そのため、温度上昇とともに、図4(B)に示すように、

レーザ発振している  $m$  番目の縦モード  $M_1$  は、ブラッグ波長から相対的に離れるため、ファイバグレーティングから得られる反射率が小さくなるので、レーザ発振し難くなる。 $m$  番目の縦モード  $M_1$  に隣接する短波長側の  $m+1$  番目の縦モード  $M_2$  は、温度上昇とともに逆にブラッグ波長に近づく。したがって、ファイバグレーティングから得られる反射率が大きくなるので、レーザ発振し易くなる。その結果、ある温度上昇において、モード  $M_1$  からモード  $M_2$  に発振する縦モードが入れ替わる。これがモードホップ現象である。

#### 【0046】

モードホップ現象が生ずる温度領域では、それまで単一モードで支配的に発振していたモードが弱まり、ファイバグレーティングの反射スペクトルの半値全幅内に存在する複数の縦モードがモード競合するため、ファイバグレーティングレーザモジュールは多モード発振している。図 6 (A) を参照すると、モードホップ領域  $R_2$  における多モード発振しているファイバグレーティングレーザモジュールの発振スペクトルが示されている。主要な縦モード  $M_1$  及び  $M_2$  がレーザ発振している。シンボル  $\Delta R \lambda_{MBDA}$  は、縦モード  $M_1$  と縦モード  $M_2$  との波長差を示す。この波長差は、光共振器長が長いほど小さくなる。光共振器長は、共振器内の屈折率が異なる領域の物理的長さに、その領域の屈折率を乗じて、それらを足し合わせた値で光が感じる実効的な値である。図 6 (B) には、モードホップ領域  $R_2$  での多モード発振している信号光を用いた光伝送後のアイパターンが示されている。このアイパターンには、その立ち上がり及び立ち下がりによりモード  $M_1$  及びモード  $M_2$  の伝送遅延に起因するジッタが現れている。すなわち、この光伝送では伝送光パルスの波形に遅延歪みが生じている。しかしながら、隣接する縦モード間隔が小さければ、該縦モード間の伝送遅延による波形歪みは小さくなる。本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールでは、共振器長が 13 ミリメートル以上と長いため、波長差  $\Delta R \lambda_{MBDA}$  は、1.55 マイクロメートルの光通信波長帯において 90 ピコメートル以下である。故に、モードホップが生じる温度領域でも、信号光の波形歪みが小さい。

#### 【0047】

ファイバグレーティングレーザモジュールでは、共振器長を長くすると変調可

能な上限周波数が減少する。故に、本発明以前においては、相対的に長い共振器長を有するファイバグレーティングレーザモジュールを光通信に用いるという試みは行われていない。本実施の形態では、共振器長を長くすることによりモードホップの際の多モード発振における発振モード間隔が小さくでき、これらの発振モード間の伝送遅延が小さくなる。故に、モードホップの際にも波形歪みが小さくなる。

#### 【0048】

図7は、様々な光共振器長を有するファイバグレーティングレーザモジュールの周波数応答特性を示すグラフである。横軸は共振器長(単位:ミリメートル)を示しており、縦軸は周波数応答(単位:メガヘルツ)を示している。周波数応答は、3デシベル帯域の上限周波数を示す。図中において、シンボル「○」、「▲」および「\*」は、それぞれ、変調時に20ミリアンペア、30ミリアンペア、40ミリアンペアの直流バイアス電流を加えたファイバグレーティングレーザモジュールの特性を示す。グループG1、G2、G3、G4は、それぞれ、13ミリメートル、27ミリメートル、41.6ミリメートルおよび51.8ミリメートルの共振器長のレーザモジュールの測定値を示す。

#### 【0049】

図7を参照すると、共振器長27ミリメートルで、バイアス電流20ミリアンペア以上において毎秒1.25ギガビット(Gbps)の光伝送を可能にする周波数で変調ができる。詳細な実験の結果、このファイバグレーティングレーザモジュールを用いて、石英光ファイバからなる光伝送路80キロメートル(km)にわたる毎秒1.25ギガビット(Gbps)の光伝送を実現できることが判った。共振器長27ミリメートルでは縦モード間隔は、1.55マイクロメートルの光通信波長帯において50ピコメートル以下であるので、隣接する縦モードの波長成分間の伝送遅延差は小さい。故に、モードホップ領域においても遅延歪みによる伝送波形の歪みが大幅に低減され、良好な伝送特性が得られる。80キロメートル伝送特性のビットエラーレート(BER)特性におけるパワーペナルティは、 $10^{-10}$ のBERにおいて、back-to-back伝送特性に対して1デシベル(1dB)以下にあり、この値は実用的に許容できる。

## 【0050】

光学的な共振器の長さを27ミリメートルより短くするとき、伝送可能な上限周波数は高くなる。しかしながら、縦モードの間隔がより大きくなるので、隣接する縦モードの波長成分間の伝送遅延差はより大きくなる。1.25 Gbpsで変調した場合の詳細な実験の結果、光学的な共振器の長さが13ミリメートル以上であれば、1.55マイクロメートル帯において、隣接する縦モードの間隔は90ピコメートル以下になり、この程度以下のモード間隔であれば遅延歪みによる伝送波形劣化は、顕著には生じないことが判った。その結果、共振器の長さが13ミリメートル以上のファイバグレーティングレーザモジュールを用いて、石英製光ファイバからなる光伝送路40キロメートルにわたる毎秒1.25ギガビットでの光伝送が実現される。

## 【0051】

以上の実験結果によれば、光学的な共振器長が13ミリメートル以上27ミリメートル以下の範囲であれば、モードホップ領域を含めて、毎秒1.25ギガビットでの40キロメートル以上の信号伝送が実現される。したがって、無温調(uncooled)のファイバグレーティングレーザモジュールが上記の光伝送システムに使用できる。

## 【0052】

また、図7に示された実験結果によれば、光学的な共振器長が13ミリメートル以上51.8ミリメートル以下の範囲であれば、モードホップ領域を含めて500MHz以上の変調速度にて無温調で用いることができるファイバグレーティングレーザモジュールが提供される。グループG1、G2、G3、G4の縦モード間隔の測定値は、1.55マイクロメートル波長帯において、それぞれ、90ピコメートル、45ピコメートル、29ピコメートルおよび23ピコメートルである。

## 【0053】

好適な実施例では、外部共振器における隣接する縦モードの間隔は、反射スペクトルの半値全幅以下であるようにしてもよい。このファイバグレーティングレーザモジュールによれば、モードホップ領域において、反射スペクトルの半値全

幅に複数の縦モードが存在する。したがって、モードホップ時には複数のモードが同時に発振するので、発振が隣接モード間にスムーズに移行しモードホップ時の出力変動を抑制できる。

#### 【0054】

また、好適な実施例では、グレーティングファイバの反射スペクトルの半値全幅は0.4ナノメートル以下であるようにしてもよい。この反射スペクトルによれば、ブラッグ波長の近傍の2つの縦モードの反射率に比べて、これらの縦モード以外の縦モードの波長における反射率が小さくなる。そのため、この半値全幅によれば、ブラッグ波長の近傍の2つの縦モード(主要モード)以外の縦モードのレーザ発振は抑制され、主要モードに比べて10デシベル(dB)以上弱くなり無視できるレベルとなる。つまり、他の縦モードにおける波長成分は、信号の光伝送に寄与しない。すなわち、半値全幅は0.4ナノメートル以下のグレーティングファイバを用いれば、モードホップ領域において2モード発振となり、2モードを越える多モード発振が抑制される。故に、2モードを越える多モードの波長成分を含む信号光がファイバグレーティングレーザモジュールにおいて発生されることを抑制できる。また、2モードを越える多モードの波長成分に起因する伝送遅延の増加を防ぐことができ、これによる伝送劣化がより軽減される。

#### 【0055】

ファイバグレーティングレーザモジュール1a、1b、1c、1dにおいては、半導体光増幅素子3は、該レーザモジュールのリード端子19a、19bを介して伝送信号D<sub>IN</sub>を受ける。該レーザモジュールは、伝送信号D<sub>IN</sub>に応答して信号光L<sub>OUT</sub>を発生する。ファイバグレーティングレーザモジュール1a、1b、1c、1dを用いて、光信号を発生する方法は、以下の手順による。この方法は、レーザモジュールの環境温度がモードホップ温度であるとき、該レーザモジュールに電気信号を加えて、隣接する2つの縦モードに対応する第1及び第2の波長成分を含むレーザ信号光をレーザモジュールから発生するステップと、レーザモジュールの環境温度がモードホップ温度と異なる温度であるとき、該レーザモジュールに電気信号を加えて、単一の縦モードに対応するレーザ信号光をレーザモジュールから発生するステップとを備えており、第1の波長成分と第2の波長

成分との間隔は90ピコメートル以下である。

#### 【0056】

レーザモジュールの光共振器の縦モードは温度に応じて変化するものであり、レーザモジュールは少なくとも一つのモードホップ温度においてモードホップを生じるものであるけれども、この方法では、第1の波長成分と第2の波長成分との間隔は90ピコメートル以下であるので、第1及び第2の波長成分に起因する光の伝送遅延による光信号の歪みが小さい。したがって、モードホップ領域でも良好な伝送が維持される。

(第2の実施の形態)

図8は、第2の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールを示す斜視図である。このモジュールはpig-tailタイプの同軸型ファイバグレーティングレーザモジュールである。図9は、図8に示されたI-I線に沿ってとられた断面図である。

#### 【0057】

図8及び図9を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール1eは、半導体光増幅素子23と、グレーティングファイバ25と、レンズ31とを含む。グレーティングファイバ25は、一端面25aと、一端面25aから所定の距離だけ隔置された回折格子27とを有する。レンズ31は、グレーティングファイバ25の一端面25aを半導体光増幅素子23の第1の端面23aに光学的に結合している。外部共振器29は、半導体光増幅素子23と、グレーティングファイバ25と、レンズ31とから構成される。半導体光増幅素子23、グレーティングファイバ25及びレンズ31は、ハウジング33により保持されており、これにより、ファイバグレーティングレーザモジュール1eは、外部共振器29の光学的共振器長Lが13ミリメートル以上であるように構成されている。ファイバグレーティングレーザモジュール1eでは、外部共振器29の長さがより長いので、モードホップ時の多モード発振に起因する遅延歪みによる伝送劣化が抑制され、モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる。

#### 【0058】

また、ファイバグレーティングレーザモジュール1eは、搭載部品37と、レ

レンズ保持部材 39 と、フェルール 45 と、フェルール保持部材 35 とを更に備えるようにしてもよい。レンズ保持部材 39 は、レンズ 31 を保持する。フェルール 45 は、搭載部品 37 上に設けられグレーティングファイバ 25 を保持する。フェルール保持部材 35 は、フェルール 45 を保持する。グレーティングファイバ 25 は、回折格子 27 を有する第 1 の部分 25 b と、ピグテール状の第 2 の部分 25 c とを有する。

#### 【0059】

このファイバグレーティングレーザモジュール 1 e によれば、相対的に長い共振器長を備えるファイバグレーティングレーザモジュールを構成するために好適である。

#### 【0060】

ハウジング 33 は、フェルール保持部材 35 と、キャンパッケージといった搭載部品 37 と、レンズキャップといったレンズ保持部材 39 とを備える。フェルール保持部材 35 は、搭載部品 37 上に搭載されている。

#### 【0061】

フェルール保持部材 35 は、スリーブ 41 及びフェルールホルダ 43 を備える。フェルールホルダ 43 は、フェルール 45 を保持しており、このフェルール 45 は、グレーティングファイバ 25 を保持している。フェルールホルダ 43 は、グレーティングファイバ 25 の第 1 の部分 25 b が所定の軸 A x の方向に伸びるようにフェルール 45 を保持している。

#### 【0062】

搭載部品 37 は、所定の基準面に沿って伸びるベース 37 a と、ベース 37 a 上に設けられた搭載部 37 b とを有する。第 1 の面 37 c は、第 2 の面 37 d の反対側にある。搭載部 37 b は、ベース 37 a の第 1 の面 37 c に交差する別の基準面に沿って伸びる搭載面 37 f を有する。ベース 37 a は第 1 の面 37 c から第 2 の面 37 d に伸びるいくつかの貫通孔 37 e を有しており、貫通孔 37 e のそれぞれをリード端子 49 a ~ 49 d が通過している。リード端子 49 b ~ 49 d とベース 37 a との間にはガラス部材 47 が設けられている。ガラス部材 47 は、リード端子 49 b ~ 49 d とベース 37 a とを絶縁すると共に、リード端



子 49b～49d とベース 37a との間を気密に封止している。搭載部 37b の搭載面 37f 上には、サブマウントといった搭載部品 50 を介して半導体光増幅素子 23 が搭載されている。

#### 【0063】

搭載部品 37 上には、レンズ保持部材 39 が配置されている。レンズ保持部材 39 は、所定の軸 Ax の方向に伸びる側壁部 39a と、レンズを保持するために天井部 39b とを有する。天井部 39b は、側壁部 39a の一端に設けられている。天井部 39b に設けられた開口 39c には、レンズ 31 が設けられている。側壁部 39a の他端は、搭載部品 37 の第 1 の面 37c 上に位置している。

#### 【0064】

搭載部品 37 上には、モニタ用半導体受光素子 51 が配置されている。半導体受光素子 51 は、半導体光増幅素子 23 の端面 23b に光学的に結合されており、半導体発光素子 23 からの光をモニタする。

#### 【0065】

搭載部品 37 上には、スリーブ 41 が配置されている。スリーブ 41 は、所定の軸 Ax の方向に伸びる側壁部 41a と、フェルールホルダ 43 を支持するために支持面 41b とを有する。支持面 41b は、側壁部 41a の一端に設けられている。支持面 41b は、所定の軸 Ax に交差する平面に沿って伸びている。側壁部 41a の他端は、搭載部品 37 の主面 37c 上に位置している。スリーブ 41 の側壁部 41a の長さは、レンズ保持部材 39 の側壁部 39a の長さより長い。

#### 【0066】

スリーブ 41 上には、フェルールホルダ 43 が配置されている。フェルールホルダ 43 は、所定の軸 Ax の方向に伸びる側壁部 43a と、スリーブ 41 に対して位置決めするためのフランジ部 43b とを有する。側壁部 43a は、フェルール 45 を受け入れる領域を規定する内側面 43c を有する。フランジ部 43b は、支持面 41b 上においてフェルールホルダ 43 を位置決めするためのスライド面 43d を有する。

#### 【0067】

上記のような構成部品を用いることにより、低コストであり高信頼性を有する

ピグテールタイプのファイバグレーティングレーザモジュール 1 e が提供される。

#### 【0068】

このファイバグレーティングレーザモジュール 1 e において、図 9 に示されるように、光学的な共振器長  $L$  は、半導体光増幅器内の光学的距離  $L_1$  と、半導体光増幅器とレンズとの間の光学的距離  $L_2$  と、レンズ内の光学的距離  $L_3$  と、レンズとグレーティングファイバの一端との光学的距離  $L_4$  と、グレーティングファイバの一端と回折格子との光学的距離  $L_5$  との和により与えられる。

#### 【0069】

上記のようなファイバグレーティングレーザモジュールでは、例えば、キャンパッケージはリードピンを有している。サブマウント上には、半導体光増幅素子が金錫共晶点半田によりダイボンドされている。キャンパッケージ上には、サブマウントが金錫共晶点半田によりダイボンドされている。キャンパッケージ上には、モニタ用半導体受光素子が金錫共晶点半田によりダイボンドされている。半導体光増幅素子の一端面は AR コート膜が設けられており、他端面には HR コート膜が設けられている。半導体光増幅素子の AR コートされた一端面は、レンズに光学的に結合されている。半導体光増幅素子及びモニタ用半導体受光素子は、リードピンとボンディングワイヤを介して接続されている。

#### 【0070】

また、好適な実施例では、図 8 及び図 9 に示されるように、ファイバグレーティングレーザモジュール 1 e は、フェルル 45 の一端面 45 a 及びグレーティングファイバ 25 の一端面 25 a に設けられた反射防止膜 48 を備えることができる。この場合、フェルル 45 の一端面 45 a 及びグレーティングファイバ 25 の一端面 25 a から半導体光増幅素子 23 への反射戻り光が効果的に抑えられ、ファイバグレーティングレーザの発振状態がより安定化される。

#### 【0071】

図 10 は、ファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度特性を示すグラフである。このファイバグレーティングのブラッグ波長、ピーク反射率、反射帯域幅(半値全幅)は、それぞれ、1552.54 ナノメートル、28パー

セント、0.4ナノメートルである。ファイバグレーティングレーザモジュールの各部分の寸法L1～L5は、1.11、1.11、2.43、6.54、2.15ミリメートルであり、光学的な共振器長Lは、13.34ミリメートルである。縦モード間隔 $\Delta R A M B D A$ は、

$$(R A M B D A_{0C} \times R A M B D A_{0C}) / 2 L$$

により与えられる。 $R A M B D A_{0C}$ は発振波長である。発振波長は、ファイバグレーティングのブラッグ波長にほぼ等しいので、縦モード間隔は上式より約90ピコメートルと計算される。

#### 【0072】

このファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度特性を測定している。レーザ変調条件は下記のものである：毎秒1.25ギガビットの伝送レート、PRBS 2<sup>23</sup>-1のNRZ信号により消光比10 dBで変調。結果を図10に示す。

#### 【0073】

図10を参照すると、摂氏28度付近及び摂氏37度付近においてモードホップが生じている。発振波長の温度変化率は通常領域において28ピコメートル／度である。一方、ペルチェ素子により温度調整される半導体レーザの発振波長の環境温度依存性は、これに比べてはるかに小さい。

#### 【0074】

次に、摂氏28度近辺のモードホップ前後における、このファイバグレーティングレーザモジュールの伝送特性を評価した。レーザの変調は、伝送レート1.25ギガビットのPRBS 2<sup>23</sup>-1のNRZ信号を用いて、消光比10デシベル(dB)で変調した。結果を図11(A)～図14(C)に示す。

#### 【0075】

図11(A)～図11(C)は、それぞれ、モードホップ領域に至る前の通常領域におけるビットエラー率、発振スペクトル、及び40キロメートル伝送後のアイパターンを示す図面である。この特性は、摂氏27.8度において行われている。図11(A)を参照すると、40キロメートルの伝送(シンボル□)とBack-to-Back伝送(シンボル○)との差によれば、パワーペナルティは実用的に問題の無い

レベルである。図 11 (B)を参照すると、この温度では、単一の縦モードが発振している。発振スペクトルの極大のピークに対して、これに隣接するピーク値は 20 dB 程度小さい。図 11 (C)を参照すると、ジッタはほとんど無い。

#### 【0076】

環境温度を摂氏 27.8 度より上げるとモードホップ領域に突入する。図 12 (A)～図 12 (C)及び図 13 (A)～図 13 (C)は、それぞれ、モードホップ発生近傍におけるビットエラー率、発振スペクトル、及び 40 キロメートル伝送後のアイパターンを示す図面である。図 12 (A)～図 12 (C)の特性は、摂氏 28.1 度において行われている。図 13 (A)～図 13 (C)の特性は、摂氏 28.2 度において行われている。図 12 (B)及び図 13 (B)を参照すると、この温度では、2つの縦モードが、計算値と同じ約 90 ピコメートルのモード間隔で発振している。このうち、長波側のモードがモードホップ前に発振していたモードであり、短波側のモードは、モードホップ後に発振の主体となるものである。発振スペクトルの極大のピークに対して、これに隣接するピーク値は 3～4 デシベル (dB) 程度だけ小さい。環境温度が摂氏 28.1 度から摂氏 28.2 度に変化したとき、短波側の縦モードの方が強度が大きくなり、発振する縦モードの主体が短波側の縦モードに入れ替わっている。すなわち、ここで、モードホップが生じている。図 12 (C)及び図 13 (C)を参照すると、ジッタが生じているけれども、明瞭な波形歪みは生じていない。図 12 (C)及び図 13 (C)を参照すると、ビットエラー率においても、BER 値  $10^{-10}$  において、パワーペナルティは、1 デシベル以下であり実用的に問題の無いレベルである。すなわち、伝送特性が最悪となるモードホップ領域においても良好な伝送特性が実現される。

#### 【0077】

図 14 (A)～図 14 (C)は、それぞれ、環境温度を更に上昇してモードホップ領域を通過し再び通常領域に入った場合のビットエラー率、発振スペクトル、及びアイパターンを示す図面である。この特性は、摂氏 28.3 度において行われている。図 14 (A)を参照すると、パワーペナルティは実用的に問題の無いレベルである。図 14 (B)を参照すると、この温度では、単一の縦モードが発振している。発振スペクトルの極大のピークに対して、これに隣接するピーク値は 12

d B 程度小さい。図 14 (C) を参照すると、ジッタはほとんど無い。

#### 【0078】

上記の測定結果によれば、本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールによれば、モードホップ時の多モード発振しているときでも、遅延歪みによる伝送波形の劣化は、伝送後の信号パルスの 1、0 の判定に支障をきたすほどではない。この利点は、縦モード間隔 90 ピコメートル以下であることから生じていると考えられる。

#### 【0079】

以上の説明から理解されるように、本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールは、モードホップ領域であるか否かを問わず、任意の温度において、毎秒 1.25 ギガビットの伝送レートで 40 キロメートル以上の光伝送が可能であると考えられる。よって、長距離伝送可能な無温調のピグテールタイプの同軸型ファイバグレーティングレーザモジュールが実現できる。

(第 3 の実施の形態)

図 15 は、第 3 の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールを示す斜視図である。このモジュールはレセプタクルタイプの同軸型ファイバグレーティングレーザモジュールである。図 16 は、図 15 に示された II-II 線に沿ってとられた断面図である。

#### 【0080】

図 15 及び図 16 を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール 1 f は、半導体光増幅素子 23 と、ファイバスタブ 26 と、レンズ 31 とを含む。ファイバスタブ 26 は、一端 26 a と、一端 26 a から所定の距離だけ隔置された回折格子 27 とを有する。レンズ 31 は、ファイバスタブ 26 の一端 26 a を半導体光増幅素子 23 の第 1 の端面 23 a に光学的に結合している。外部共振器 30 は、半導体光増幅素子 23 と、ファイバスタブ 26 と、レンズ 31 とから構成される。半導体光増幅素子 23、ファイバスタブ 26 及びレンズ 31 は、ハウジング 61 により保持されており、これにより、ファイバグレーティングレーザモジュール 1 f は、外部共振器 30 の光学的共振器長 L が約 13 ミリメートル以上であるように構成されている。ファイバグレーティングレーザモジュール 1 f

では、外部共振器 30 の長さがより長いので、モードホップ時の多モード発振に起因する遅延歪みによる伝送劣化が抑制されるので、モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる。

#### 【0081】

また、ファイバグレーティングレーザモジュール 1 f は、搭載部品 37 と、レンズ保持部材 39 と、短尺フェルール 71 と、フェルール保持部材 63 とを更に備えるようにしてもよい。短尺フェルール 71 は、搭載部品 37 上に設けられファイバスタブ 26 を保持する。フェルール保持部材 63 は、短尺フェルール 71 を保持する。

#### 【0082】

このファイバグレーティングレーザモジュール 1 f によれば、相対的に長い共振器長を備えるファイバグレーティングレーザモジュールを構成するために好適である。

#### 【0083】

ハウジング 61 は、フェルール保持部材 63 と、キャンパッケージといった搭載部品 37 と、レンズキャップといったレンズ保持部材 39 とを備える。フェルール保持部材 63 は、搭載部品 37 上に搭載されている。

#### 【0084】

フェルール保持部材 63 は、スリーブ 65、ジョイントスリーブ 67 及びフェルールホルダ 69 を備える。フェルールホルダ 69 は、割りスリーブ 73 を介して短尺フェルール 71 を保持しており、この短尺フェルール 71 は、ファイバスタブ 26 を保持している。フェルール保持部材 63 は、レセプタクル構造を構成するように、短尺フェルール 71 を保持している。

#### 【0085】

搭載部品 37 上には、スリーブ 65 が配置されている。スリーブ 65 は、所定の軸 A x の方向に伸びる側壁部 65 a と、ジョイントスリーブ 67 の位置合わせを行うために位置合わせ面 65 b 又は 65 c (本実施例では位置合わせ面 65 b を利用している)とを有する。位置合わせ面 65 b 又は 65 c は、側壁部 65 a の外側面又は内側面である。これらの外側面又は内側面は、所定の軸 A x の方向

に伸びている。スリーブ 65 の側壁部 65 a の長さは、レンズ保持部材 39 の側壁部 39 a の長さより長い。

#### 【0086】

スリーブ 65 上には、ジョイントスリーブ 67 が配置されている。ジョイントスリーブ 67 は、所定の軸 A x の方向に伸びる側壁部 67 a と、側壁部 67 a の一端に設けられた天井部 67 b とを有する。側壁部 67 a は、ジョイントスリーブ 67 をスリーブ 65 に位置合わせを行うために位置合わせ面 67 c 又は 67 d (本実施例では位置合わせ面 67 d を利用している) とを有する。位置合わせ面 67 c 又は 67 d は、側壁部 67 a の外側面又は内側面である。外側面又は内側面は、所定の軸 A x の方向に伸びている。天井部 67 b は、開口部 67 e を有している。レンズ 31 からの光は、開口部 67 e を介してファイバスタブ 26 の一端面 26 a に到達する。天井部 67 b は、スライド面 67 f を有する。スライド面 67 f 上において、フェルールホルダ 69 が位置決めされる。ジョイントスリーブ 67 は、スリーブ 65 の側壁部 65 a に沿ってスライドすることができ、この移動による位置決めの結果、所望の光共振器長が得られる。

#### 【0087】

ジョイントスリーブ 67 上には、フェルールホルダ 69 が配置されている。フェルールホルダ 69 は、所定の軸 A x の方向に伸びる側壁部 69 a と、スリーブ 65 に対して位置決めするためのフランジ部 69 b とを有する。側壁部 69 a は、短尺フェルール 71 を受け入れる領域を規定する内側面 69 c を有する。フランジ部 69 b は、支持面 67 b 上においてフェルールホルダ 69 を位置決めするためのスライド面 69 d を有する。また、フェルールホルダ 69 は、その内側面 69 c に凹部 69 e を備える。凹部 69 e には、割スリーブ 73 が設けられている。割りスリーブ 73 を用いて、短尺フェルール 71 及びファイバスタブ 26 が位置決めされている。割スリーブ 73 は、スプリット 73 a を有する。

#### 【0088】

レセプタクルタイプのファイバグレーティングレーザモジュール 1 f の場合は、光ファイバ付きの SC コネクタ、FC コネクタ、MU コネクタ等の光コネクタの先端を割スリーブ 73 中に差込み、ファイバスタブ 26 の一端面 26 a と対向

する別の一端面 26b、及び短尺フェルール 71 の一端面 71a と対向する別の一端面 71b と密着させることで、光を外部に取り出す。レセプタクルタイプにおいては、ピグテール状の光出射端がないため、ファイバグレーティングレーザモジュールを小型化でき、装置内部への収納等が容易となる。さらに、出射端に接続される光ファイバをコネクタごとに取り出すことが可能なため、必要に応じて光ファイバの種類を変更したり、破損等で不良となった光ファイバを交換するのが容易になる。

#### 【0089】

また、好適な実施例では、図 15 及び図 16 に示されるように、ファイバグレーティングレーザモジュール 1f は、ファイバスタブ 26 の光軸に対して傾斜している傾斜面をファイバスタブ 26 の一端 26a 及び短尺フェルール 71 の端面 71a に備えることができる。或いは、第 2 の実施の形態のように、ファイバグレーティングレーザモジュール 1f は、傾斜面に代えて、ファイバスタブ 26 の一端 26a 及びフェルール 71 の端面 71a に反射防止膜を備えることができる。なお、第 2 の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュール 1e は、反射防止膜に代えて、グレーティングファイバ 25 の光軸に対して傾斜している傾斜面をグレーティングファイバ 25 の端面 25a 及びフェルール 45 の端面 45a に備えることができる。これらの反射防止膜の形成や傾斜面の形成により、グレーティングファイバ 25、フェルール 45、ファイバスタブ 26、短尺フェルール 71 の各端面 25a、45a、26a、71a から半導体光増幅素子 23 への反射戻り光が効果的に抑えられ、ファイバグレーティングレーザの発振状態が安定化される。

#### 【0090】

図 17 は、ファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度特性を示すグラフである。このファイバグレーティングのブラッグ波長、ピーク反射率、反射帯域幅(半値全幅)は、それぞれ、1530 ナノメートル、30 パーセント、0.1 ナノメートルである。図 16 におけるファイバグレーティングレーザモジュールの各部分の寸法 L1～L5 は、1.11、1.11、2.43、6.54、15.77 ミリメートルであり、光学的な共振器長 L は、26.96 ミリメ



ートルである。縦モード間隔の計算値は約 43 ピコメートルである。

#### 【0091】

このファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度特性を測定している。レーザ変調条件は下記のものである：毎秒 1.25 ギガビットの伝送レート、PRBS  $2^{23}-1$  の NRZ 信号により消光比 10 デシベル (dB) で変調。結果を図 17 に示す。

#### 【0092】

図 17 を参照すると、摂氏 13 度付近及び摂氏 34 度付近においてモードホップが生じている。発振波長の温度変化率は通常領域において 20 ピコメートル／度である。

#### 【0093】

図 18 (A)～図 18 (C) 及び図 19 (A)～図 19 (C) は、モードホップ領域近傍の摂氏 11.8 度、12.2 度、12.4 度、12.6 度、12.8 度、13.0 度といった温度における発振スペクトルを示す図面である。縦モード間隔は 45 ピコメートル (pm) 前後であり計算値とほぼ一致する。図 18 (A) を参照すると、摂氏 11.8 度においては、通常領域にありファイバグレーティングレーザモジュールは、単一の縦モードで発振している。環境温度を上げるとモードホップ領域に入り、図 18 (B)、図 18 (C)、図 19 (A) にそれぞれ示される 12.2 度、12.4 度、12.6 度における発振スペクトルから判るように、2 つの縦モードの強度がほぼ同じ程度となる。これらの温度領域では、ファイバグレーティングレーザモジュールは多モード発振している。図 19 (B) を参照すると、摂氏 12.8 度においては、ファイバグレーティングレーザモジュールは、発振している縦モードの主体が短波長側の隣接縦モードに入れ替わっている。すなわち、ここでモードホップが生じている。図 19 (C) を参照すると、摂氏 13.0 度においては、再度通常領域となりファイバグレーティングレーザモジュールは単一の縦モードで発振している。

#### 【0094】

図 20 には、モードホップ領域における伝送実験結果を示す。図 20 (A) は、40 キロメートルの伝送 (シンボル □) と、80 キロメートルの伝送 (シンボル ◇)

と、Back-to-Back伝送(シンボル○)におけるビットエラー率を示している。図 20(B)は、40キロメートル伝送後のアイパターンを示す図面である。図 20(C)は、80キロメートル伝送後のアイパターンを示す図面である。これらの測定は、発振スペクトル線幅が最大となり多モード発振が最も顕著な摂氏12.2度において行われている。また、レーザの変調条件は、第2の実施の形態における条件と同じである。図 20(A)を参照すると、ビットエラー率においては、BER 値  $10^{-10}$  において、80キロメートル伝送におけるパワーペナルティは、0.26 デシベル以下であり実用的に問題の無いレベルである。図 20(B)及び図 20(C)を参照すると、ジッタが生じているけれども、データ 0、1 の判別に支障をきたすような波形歪みは生じていない。

#### 【0095】

上記の測定結果によれば、本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールがモードホップ領域で多モード発振しているときでも、遅延歪みによる伝送波形の劣化は伝送後の信号パルスの 1、0 の判定に支障をきたすほどではない。この利点は、縦モード間隔 45 ピコメートル (pm) 前後であることから生じていると考えられる。

#### 【0096】

以上の説明から理解されるように、本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールは、モードホップ領域であるか否かを問わず、任意の温度において、毎秒 1.25 ギガビットの伝送レートで 80 キロメートル以上の光伝送が可能であると考えられる。よって、長距離伝送が可能な無温調のレセプタクルタイプの同軸型ファイバグレーティングレーザモジュールが実現できる。

#### 【0097】

なお、図 11(A)～図 14(C)、図 18 及び図 19 のスペクトル測定結果から判るように、第 2 及び第 3 の実施の形態の何れにおいても、モードホップ領域において、中央の 2 モード以外の縦モードは、これらに比べて強度的に 10 デシベル (dB) 以上弱くなり、これらによる遅延歪みは無視しうるレベルにある。これは、ファイバグレーティング 27 の反射スペクトルの半値全幅が 0.4 ナノメートル (nm) 以下と狭いため、ブラッグ波長最近傍の 2 モード以外のモードに対し

てはファイバグレーティング 27 から高い反射が得られず、その発振が強く抑制されるためである。したがって、0.4 ナノメートル (nm) 以下の半値全幅のファイバグレーティングを用いれば、モードホップ領域において 2 モード発振となり、2 モードを越える多モード発振が抑制される。故に、2 モードを越える多モードの波長成分を含む信号光がファイバグレーティングレーザモジュールにおいて発生するのを抑制できる。また、2 モードを越える多モードの発振成分に起因する伝送遅延の増加を防ぐことができ、これによる伝送劣化がより軽減される。

#### 【0098】

第 2 及び第 3 の実施の形態においては、グレーティングファイバ 25 の一端面 25a 及びファイバスタブ 26 の一端面 26a がレンズ化端部であってもよい。また、半導体光増幅素子 23 が、該半導体光増幅素子 23 から出射される光のスポットサイズを変換するための変換部を備えるようにしてもよい。これらの構造変更により、半導体光増幅素子 23 とグレーティングファイバ 25 及びファイバスタブ 26 との光学的な結合がさらに強化され、ファイバグレーティングレーザモジュールの特性が向上する。

#### 【0099】

(第 4 の実施の形態)

図 21 は、第 4 の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールを示す斜視図である。このモジュールは表面実装タイプのファイバグレーティングレーザモジュールである。図 22 は、図 21 に示された III-III 線に沿ってとられた断面図である。

#### 【0100】

図 21 及び図 22 を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール 1g は、半導体光増幅素子 23 と、グレーティングファイバ 24 とを含む。グレーティングファイバ 24 は、一端面 24a 及び他端面 24b と、一端面 24a から所定の距離だけ隔置された回折格子 27 とを有する。グレーティングファイバ 24 の一端 24a は、半導体光増幅素子 23 の第 1 の端面 23a に光学的に結合されている。外部共振器 28 は、半導体光増幅素子 23 と、グレーティングファイバ 24 とから構成される。半導体光増幅素子 23 及びグレーティングファイバ 2

4 は、シリコンベンチといった部品搭載部材 8 1 により保持されており、これにより、ファイバグレーティングレーザモジュール 1 g は、外部共振器 2 8 の光学的共振器長 L が約 1 3 ミリメートル以上であるように構成されている。ファイバグレーティングレーザモジュール 1 g では、外部共振器 2 8 の長さがより長いので、モードホップ時の多モード発振に起因する遅延歪みによる伝送劣化が抑制されるため、モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる。

#### 【0101】

また、ファイバグレーティングレーザモジュール 1 g は、部品搭載部材 8 1、フェルール 8 3 とを更に備えるようにしてもよい。フェルール 8 3 は、グレーティングファイバ 2 4 を保持している。

#### 【0102】

部品搭載部材 8 1 は、所定の軸 A x に沿って順に配列された第 1、第 2 及び第 3 の領域 8 1 a、8 1 b、8 1 c を備える。第 1 の領域 8 1 a には、半導体光増幅素子 2 3 が搭載されている。半導体光増幅素子 2 3 は、部品搭載部材 8 1 上の位置合わせマークに合わせて高精度に位置決めされることができる。第 2 の領域 8 1 b は、グレーティングファイバ 2 4 を支持するための光ファイバ支持部 8 5 を有する。光ファイバ支持部 8 5 は、所定の軸 A x の方向に沿って伸びており、グレーティングファイバ 2 4 の側面を支持するための 2 側面 8 5 a、8 5 b を有している。第 3 の領域 8 1 c は、フェルール 8 3 を支持するためのフェルール支持部 8 7 を有する。フェルール支持部 8 7 は、所定の軸 A x の方向に沿って伸びており、フェルール 8 3 の側面を支持するための 2 側面 8 7 a、8 7 b を有している。第 1 の領域 8 1 a と第 2 の領域 8 1 b との間には、位置決め面 8 9 a が設けられている。位置決め面 8 9 a は、所定の軸 A x と交差する方向に伸びる位置決め溝 8 9 によって提供されている。グレーティングファイバ 2 4 の一端面 2 4 a は、位置決め面 8 9 a に突き当てられて位置決めされる。第 2 の領域 8 1 b と第 3 の領域 8 1 c との間には、所定の軸 A x と交差する方向に伸びる中間溝 9 1 を有する。

#### 【0103】

ファイバグレーティングレーザモジュール 1 g は、ガラス板といった押え部品

93と、接着部材95と更にを含む。押え部品93は、部品搭載部材81の第2の領域81b上に配置されており、光ファイバ支持部85に置かれたグレーティングファイバ24を固定している。接着部材95は、フェルール支持部87に置かれたフェルール83を固定するための用いられる。

#### 【0104】

このファイバグレーティングレーザモジュール1gによれば、相対的に長い共振器長を備えるファイバグレーティングレーザモジュールを構成するために好適である。

#### 【0105】

また、部品搭載部材81の第1の領域81aには、モニタ用の半導体受光素子97がマーカーを用いて高精度に実装されている。さらに、図22を参照すると、半導体光増幅素子23、グレーティングファイバ24及び半導体受光素子97を保護するために、樹脂体99(図21には省略されている)が部品搭載部材81上に設けられている。樹脂体99は、半導体発光素子23、グレーティングファイバ24及び半導体受光素子97を覆っている。樹脂体99は、半導体光増幅素子23の一端面23aとグレーティングファイバ24の一端面24aとの光学的結合及び半導体発光素子23の他端面23bと半導体受光素子97との光学的結合を提供している。樹脂体99は、半導体発光素子に係わる光を透過することができる。樹脂体99は、例えばシリコン系樹脂であり、ポッティングにより形成される。この樹脂体99により、当該モジュールの機械的な強度の向上、防湿性の向上等が得られる。好適には、樹脂体99は、グレーティングファイバ24の屈折率に近い値の屈折率を有する。これにより、グレーティングファイバ24の一端面24aから半導体光増幅素子23への反射光の量が低減され、これによりファイバグレーティングレーザモジュール1gの発振特性が安定する。

#### 【0106】

ファイバグレーティングレーザモジュール1gは、リードフレーム101と、例えば熱可塑性のエポキシ系の封止樹脂103とを有する。リードフレーム101は、組み立てられた部品搭載部材81を搭載する。リードフレーム101は、アイランド101a及びいくつかのリード端子101bを備える。封止樹脂10

3を用いて、部品搭載部材81及びリードフレーム101をトランスファモールドにより封止する。

#### 【0107】

図22を参照すると、シンボルL1は半導体光増幅素子23の光学的長さを示しており、シンボルL2は、半導体光増幅素子23の一端面23aとグレーティングファイバ24の一端面24aとの光学的な間隔を示しており、シンボルL3は、グレーティングファイバ24の一端面24aと回折格子27との光学的な距離を示している。外部共振器28の光学的な共振器長Lは、L1～L3の和により提供される。例えば、部品搭載部材81の第2及び第3の領域81b、81cをより長くすることにより、より長い共振器長、例えば13ミリメートル以上の長さを実現できる。

#### 【0108】

以上の説明から理解されるように、本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールは、モードホップ領域であるか否かを問わず、任意の温度において、毎秒1.25ギガビットの伝送レートで40キロメートル以上の光伝送が可能であると考えられる。したがって、長距離伝送可能な無温調の表面実装型のファイバグレーティングレーザモジュールが実現できることが理解される。

(第5の実施の形態)

図23は、図21に示されたIII-III線に対応する線に沿ってとられた断面図である。このモジュールは、表面実装タイプのファイバグレーティングレーザモジュールの別形態である。図23を参照すると、ファイバグレーティングレーザモジュール1hは、半導体光増幅素子23と、グレーティングファイバ24とを含む。半導体光増幅素子23及びグレーティングファイバ24は、シリコンベンチといった部品搭載部材81により保持されており、これにより、ファイバグレーティングレーザモジュール1hは、外部共振器32の光学的共振器長Lが約13ミリメートル以上であるように構成されている。ファイバグレーティングレーザモジュール1hでは、外部共振器32の長さがより長いので、モードホップ時の多モード発振に起因する遅延歪みによる伝送劣化が抑制され、モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる。

**【0109】**

また、ファイバグレーティングレーザモジュール1hは、第4の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュール1gのように、シリコンベンチといった部品搭載部材81、フェルール83とを更に備えるようにしてもよい。

**【0110】**

ファイバグレーティングレーザモジュール1hは、ミニデュアルインライン(MINI-DIL)パッケージといったハウジング105を備えることができる。ハウジング105の底部105a上には、部品搭載部材81が配置されている。ハウジング105内には、窒素ガスといった不活性ガスが満たされた後に、金属のふたを上からかぶせてシーム溶接する。フェルールの側面に金属膜、例えばAu膜を設ければ、当該部分は半田封止される。

**【0111】**

第4及び第5の実施の形態においては、グレーティングファイバ24の一端面24aがレンズ化端部であってもよい。また、半導体光増幅素子23が、該半導体光増幅素子23から出射される光のスポットサイズを変換するための変換部を備えるようにしてもよい。これらの構造変更により半導体光増幅素子23とグレーティングファイバ24との光学的な結合がさらに強化され、ファイバグレーティングレーザモジュールの特性が向上する。

**【0112】**

第4及び第5の実施の形態においては、グレーティングファイバ24の一端面24aに反射防止膜を備えることができる。また、グレーティングファイバ24の光軸に対して傾斜している傾斜面をグレーティングファイバ24の一端面24aに備えることができる。これらの反射防止膜や傾斜面の形成により、一端面24aから半導体光増幅素子23への反射戻り光が効果的に抑えられて、ファイバグレーティングレーザモジュールの発振状態がより安定する。

**【0113】**

第4及び第5の実施の形態においては、グレーティングファイバ27の反射スペクトルの半値全幅が0.4ナノメートル(nm)以下であるようにしてもよい。この反射スペクトルによれば、モードホップ領域において、ブラッグ波長の近傍

の2つの縦モードの反射率に比べて、これらの縦モード以外の縦モードの波長における反射率を十分に小さくできる。そのため、この半値全幅によれば、ブラッグ波長の近傍の2つの縦モード(主要モード)以外の縦モードのレーザ発振は抑制され、主要モードに比べて10デシベル(dB)以上弱くなり、無視しうるレベルとなる。つまり他の縦モードにおける波長成分は信号の光伝送に寄与しない。すなわち、0.4ナノメートル(nm)以下の半値全幅のファイバグレーティングを用いれば、モードホップ領域において2モード発振となり、2モードを越える他モード発振が抑制される。故に、2モードを越える多モードの波長成分を含む信号光がファイバグレーティングレーザモジュールにおいて発生するのを抑制できる。また、2モードを越える多モードの波長成分に起因する伝送遅延の増加を防止でき、これによる伝送劣化がより軽減される。

#### 【0114】

第4及び第5の実施の形態においては、半導体光増幅素子23、グレーティングファイバ24、半導体受光素子97等はすべて、部品搭載部材81上に事前に形成された位置合わせ用マーカーや部品配置用の溝を用いることで、パッシブアライメントにて高精度で実装できる。したがって、半導体光増幅素子23を発光させながらの調芯作業による、半導体光増幅素子23とグレーティングファイバ24及び半導体受光素子97との光軸合わせが不要になり、実装の手間が軽減され、したがって、製造コストを削減できる。これにより、モジュールの低コスト化が図れる。

#### 【0115】

以上説明したように、本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールを用いれば、毎秒1.25ギガビットの伝送レートで40キロメートル以上の光伝送が、モードホップの発生の有無に関係なく可能になる。したがって、無温調のファイバグレーティングレーザモジュールを用いて、長距離伝送が可能になる。本実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールは、例えば、メトロ系、アクセス系の光通信システムにおける長距離伝送に使用されることができ、また、メトロ系、アクセス系の光通信システムにおけるCWDM光源として利用されることができる。同軸構造のファイバグレーティングレーザモジュールを



用いれば、低コストな光源を提供できる。

#### 【0 1 1 6】

好適な実施の形態において本発明の原理を図示し説明してきたが、本発明は、そのような原理から逸脱することなく配置および詳細において変更され得ることができることは、当業者によって認識される。本発明は、本実施の形態に開示された特定の構成に限定されるものではない。したがって、特許請求の範囲およびその精神の範囲から来る全ての修正および変更に権利を請求する。

#### 【0 1 1 7】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる光通信のためのファイバグレーティングレーザおよび光信号を発生する方法が提供される。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

図 1 (A) 及び図 1 (B) は、ファイバグレーティングレーザモジュールの構成を示す図面である。

##### 【図 2】

図 2 (A) 及び図 2 (B) は、ファイバグレーティングレーザモジュールの構成を示す図面である。

##### 【図 3】

図 3 は、ファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度変化を示すグラフである。

##### 【図 4】

図 4 (A) 及び図 4 (B) は、ファイバグレーティングレーザモジュールの回折格子が示す反射スペクトルと、ファイバグレーティングレーザモジュールの縦モードとを示す図面である。

##### 【図 5】

図 5 (A) は、通常領域において動作するファイバグレーティングレーザモジュールの発振スペクトルを示す図面である。図 5 (B) は、通常領域において動作す

るファイバグレーティングレーザモジュールを用いて光伝送のアイパターンを示す図面である。

【図 6】

図 6 (A) は、モードホップ領域において動作するファイバグレーティングレーザモジュールの発振スペクトルを示す図面である。図 6 (B) は、モードホップ領域において動作するファイバグレーティングレーザモジュールを用いて光伝送のアイパターンを示す図面である。

【図 7】

図 7 は、様々な光共振器長を有するファイバグレーティングレーザモジュールの周波数応答特性を示すグラフである。

【図 8】

図 8 は、第 2 の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールを示す斜視図である。

【図 9】

図 9 は、図 8 に示された I-I 線に沿ってとられた断面図である。

【図 1 0】

図 1 0 は、ファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度特性を示すグラフである。

【図 1 1】

図 1 1 (A) ～図 1 1 (C) は、それぞれ、ビットエラー率、発振スペクトル、及びアイパターンを示す図面である。

【図 1 2】

図 1 2 (A) ～図 1 2 (C) は、それぞれ、ビットエラー率、発振スペクトル、及びアイパターンを示す図面である。

【図 1 3】

図 1 3 (A) ～図 1 3 (C) は、それぞれ、ビットエラー率、発振スペクトル、及びアイパターンを示す図面である。

【図 1 4】

図 1 4 (A) ～図 1 4 (C) は、それぞれ、ビットエラー率、発振スペクトル、

及びアイパターンを示す図面である。

【図 15】

図 15 は、第 3 の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールを示す斜視図である。

【図 16】

図 16 は、図 15 に示された II-II 線に沿ってとられた断面図である。

【図 17】

図 17 は、ファイバグレーティングレーザモジュールの発振波長の温度特性を示すグラフである。

【図 18】

図 18 (A)～図 18 (C) は、摂氏 11.8 度、12.2 度、12.4 度といった温度における発振スペクトルを示す図面である。

【図 19】

図 19 (A)～図 19 (C) は、摂氏 12.6 度、12.8 度、13.0 度といった温度における発振スペクトルを示す図面である。

【図 20】

図 20 (A) は、40 キロメートルの伝送(シンボル□)と、80 キロメートルの伝送(シンボル◇)と、Back-to-Back 伝送(シンボル○)におけるビットエラー率を示している。図 20 (B) は、40 キロメートル伝送後のアイパターンを示す図面である。図 20 (C) は、80 キロメートル伝送後のアイパターンを示す図面である。

【図 21】

図 21 は、第 4 の実施の形態のファイバグレーティングレーザモジュールを示す斜視図である。

【図 22】

図 22 は、図 21 に示された III-III 線に沿ってとられた断面図である。

【図 23】

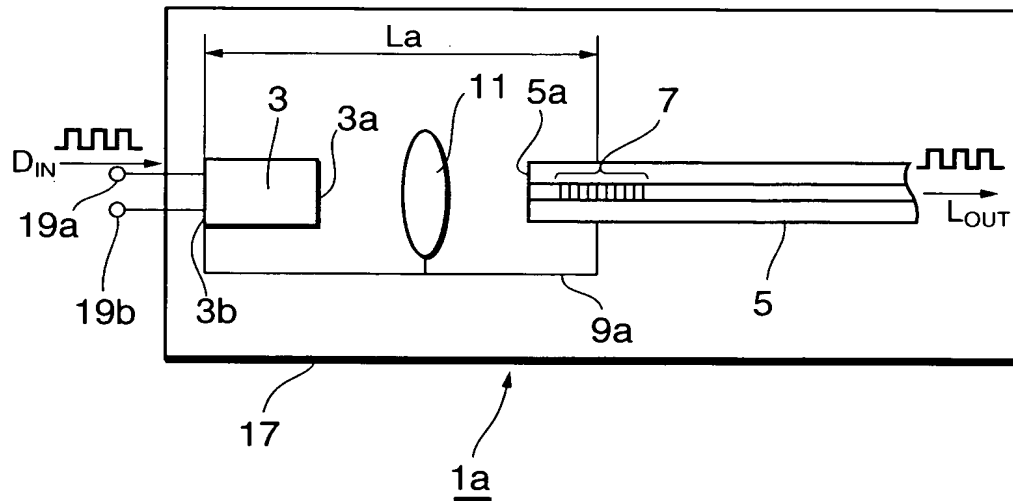
図 23 は、図 21 に示された III-III 線に対応する線に沿ってとられた断面図である。

## 【符号の説明】

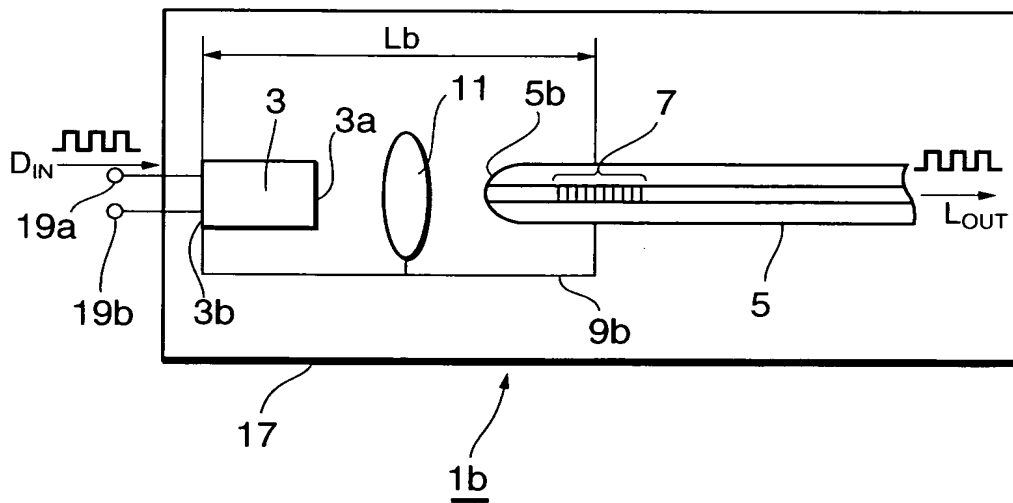
1 a、1 b、1 c、1 d、1 e、1 f、1 g…ファイバグレーティングレーザモジュール、3…半導体光増幅素子、5…光導波路、7…回折格子、9…外部共振器、11…レンズ、13…部品搭載部材、R1、R3、R5…温度領域、M<sub>1</sub>…m番目の縦モード、M<sub>2</sub>…m+1番目の縦モード、M<sub>3</sub>…m+2番目の縦モード、 $\Delta R$  AMBDA…波長差、24、25、26…グレーティングファイバ、28、29、32…外部共振器、33…ハウジング、35…フェルール保持部材、37…搭載部品、39…レンズ保持部材、41…スリーブ、43…フェルールホルダ、45…フェルール、61…ハウジング、63…フェルール保持部材、65…スリーブ、67…ジョイントスリーブ、69…フェルールホルダ、71…フェルール、73…割スリーブ、81…部品搭載部材、83…フェルール、87…フェルール支持部、89 a…位置決め面、89…位置決め溝、91…中間溝、93…押え部品、95…接着部材、97…モニタ用の半導体受光素子、99…樹脂体、101…リードフレーム、103…封止樹脂、105…ハウジング

【書類名】 図面

【図 1】

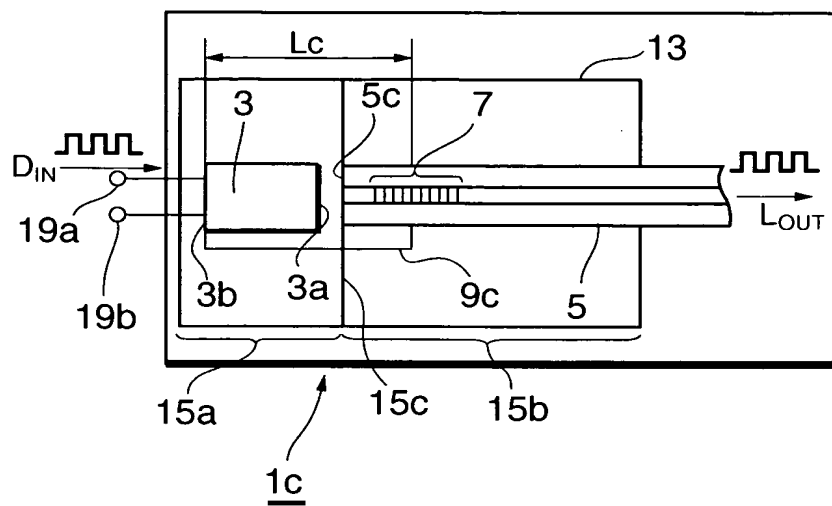


(A)

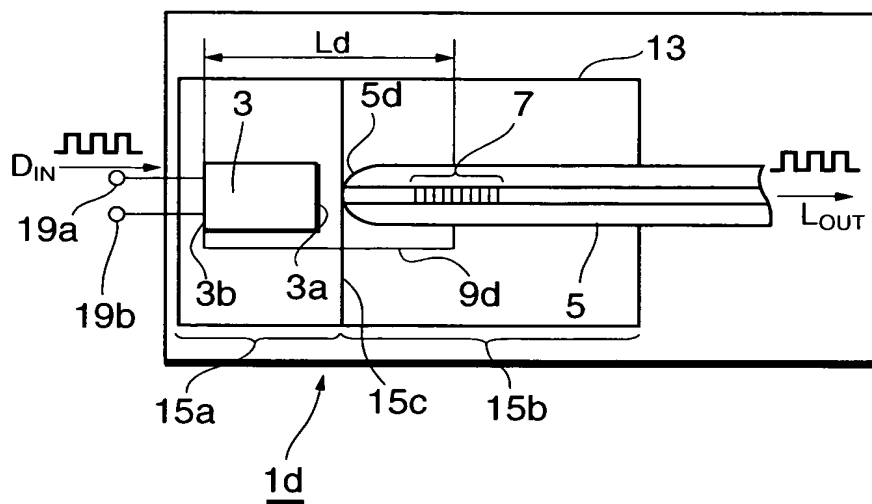


(B)

【図 2】

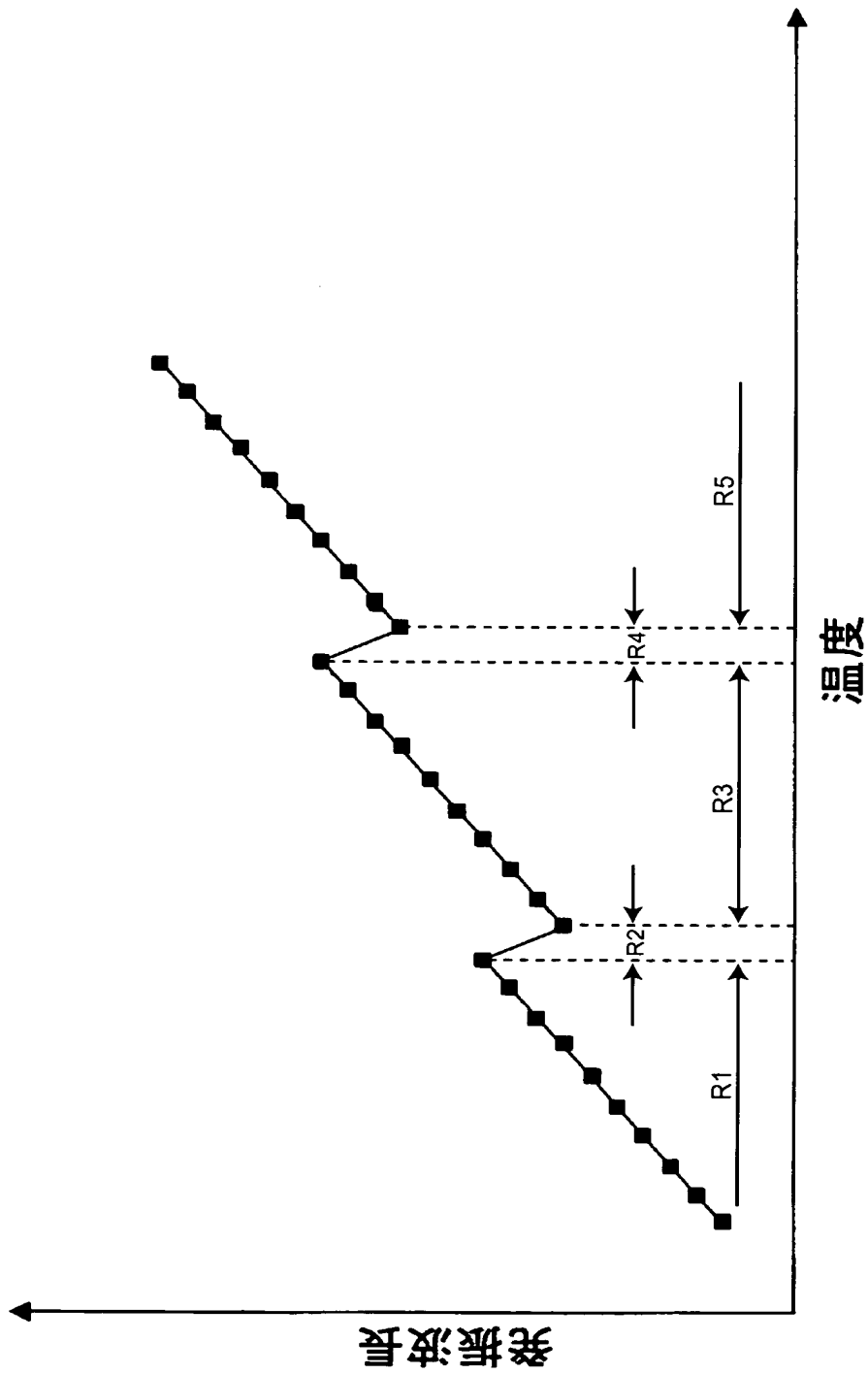


(A)



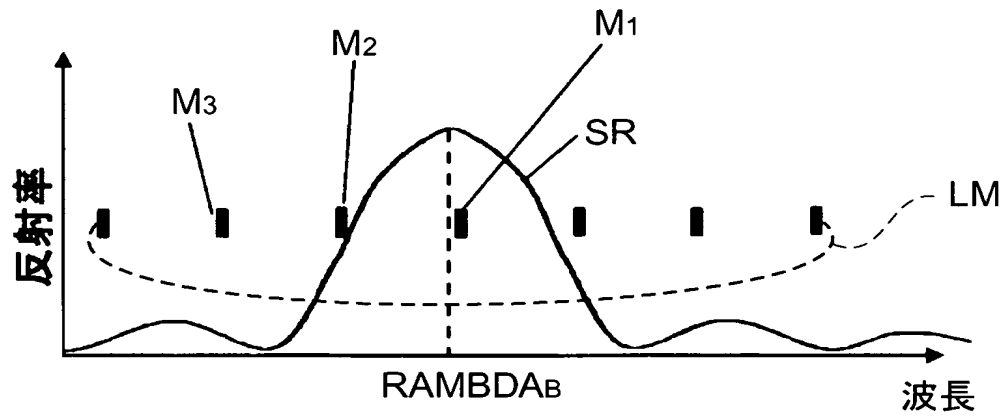
(B)

【図 3】

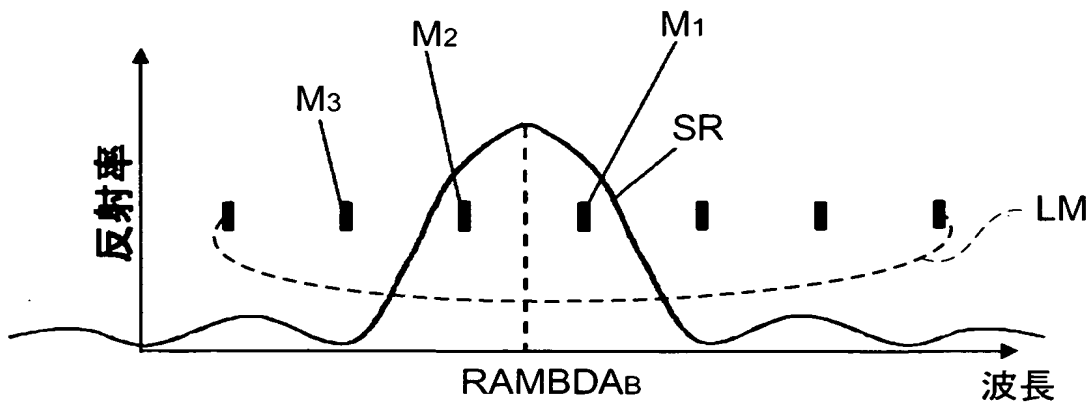


【図 4】

(A)



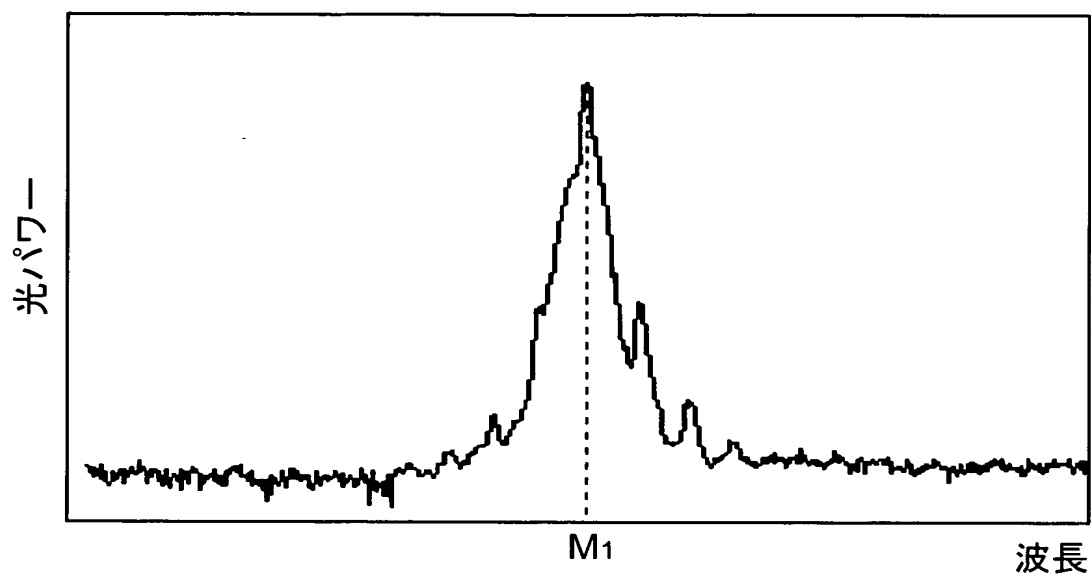
(B)



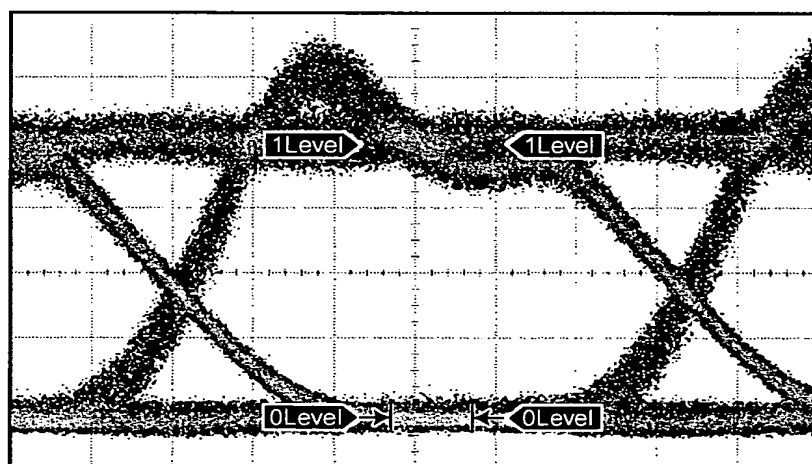


【図 5】

(A)

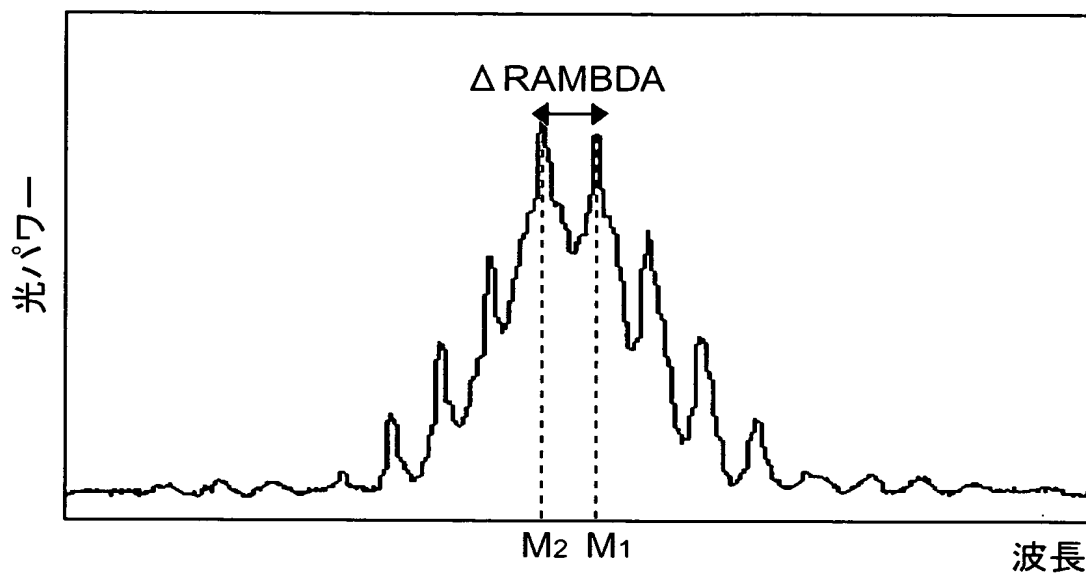


(B)

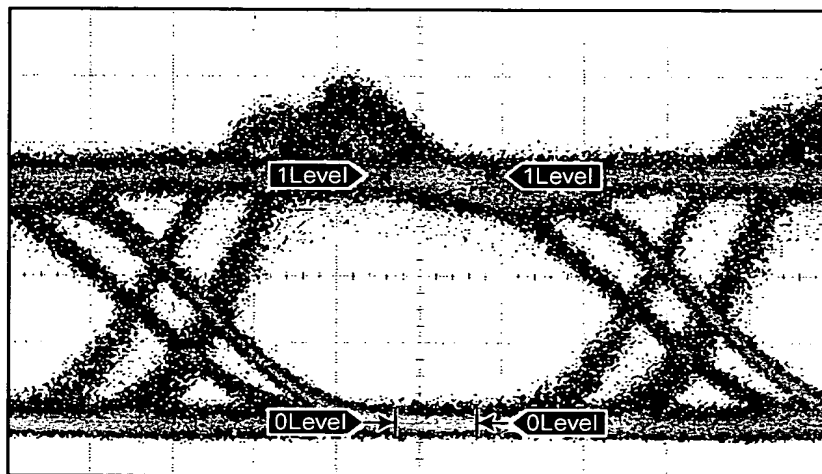


【図 6】

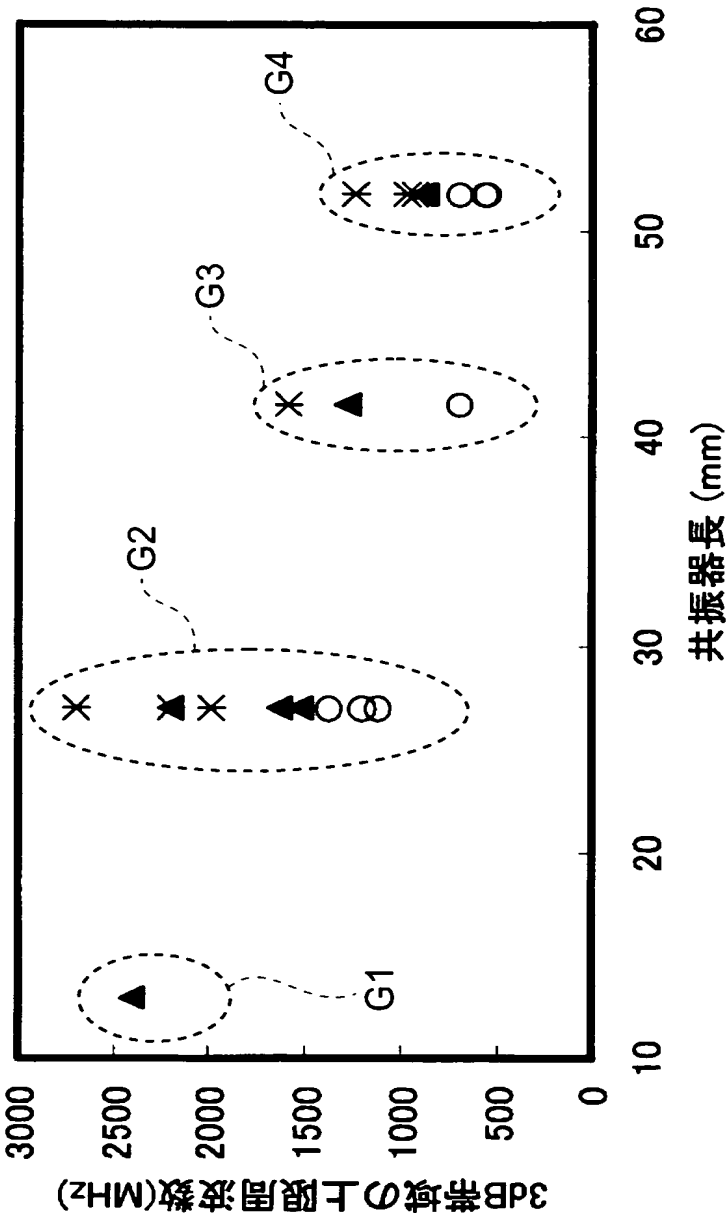
(A)



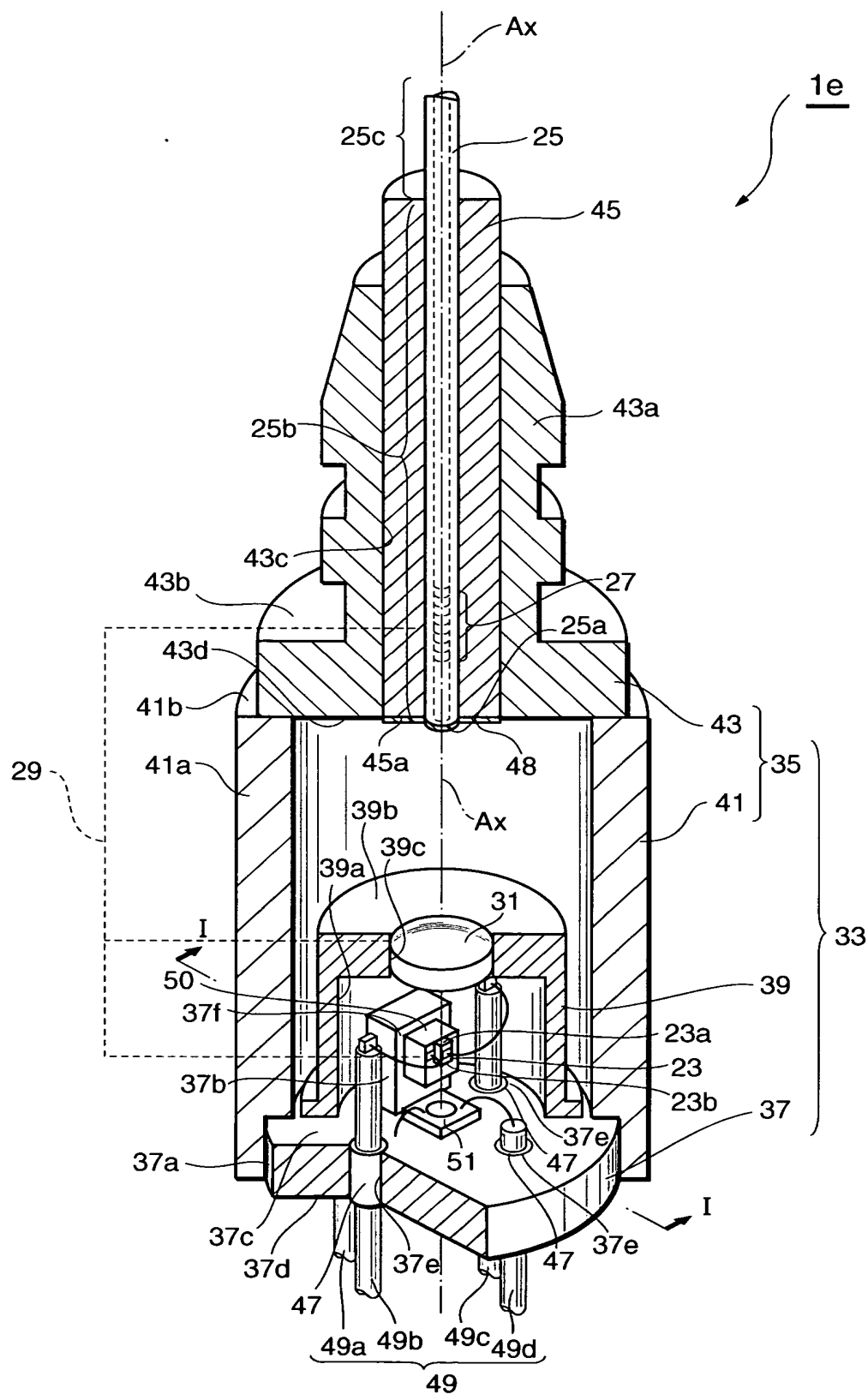
(B)



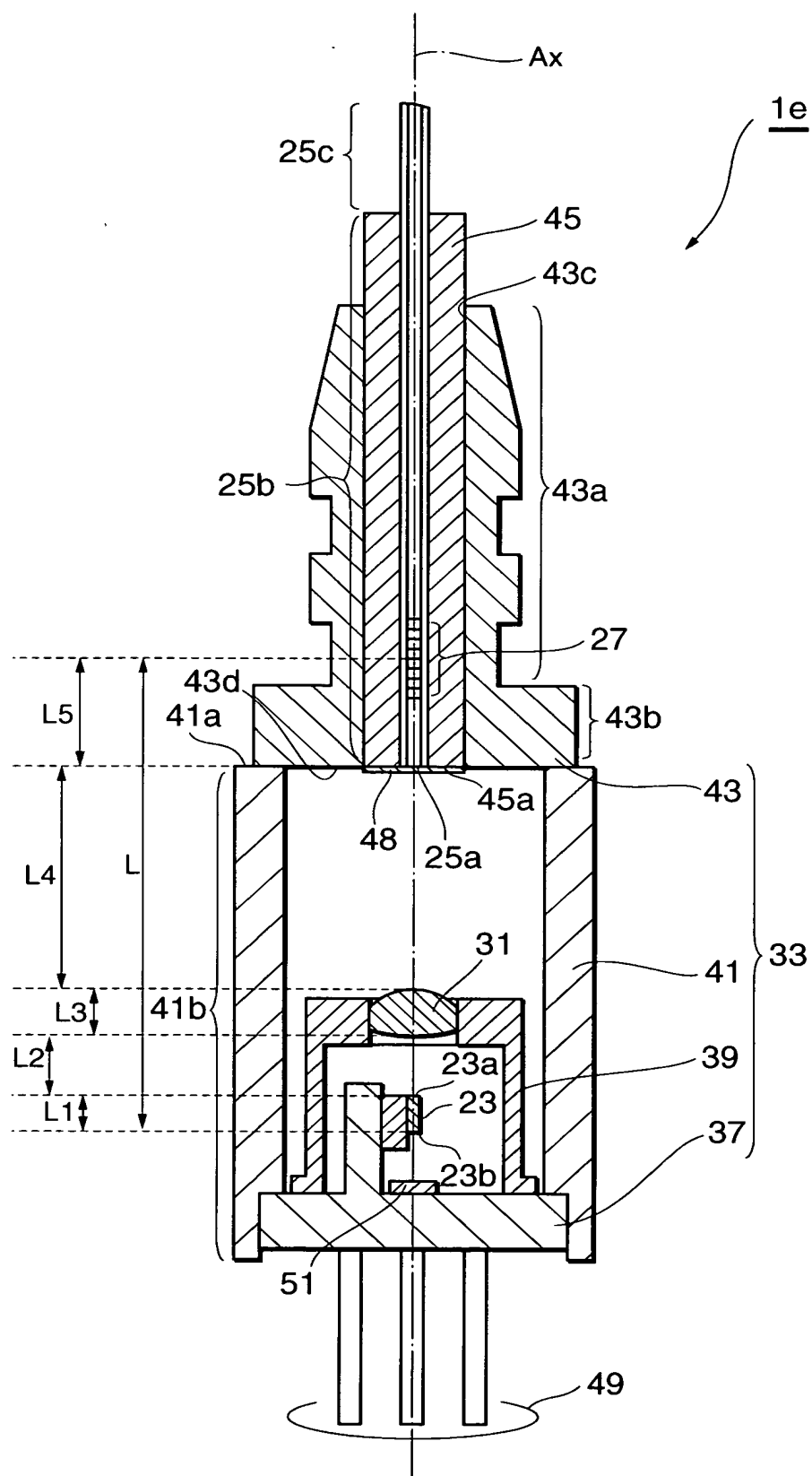
【図 7】



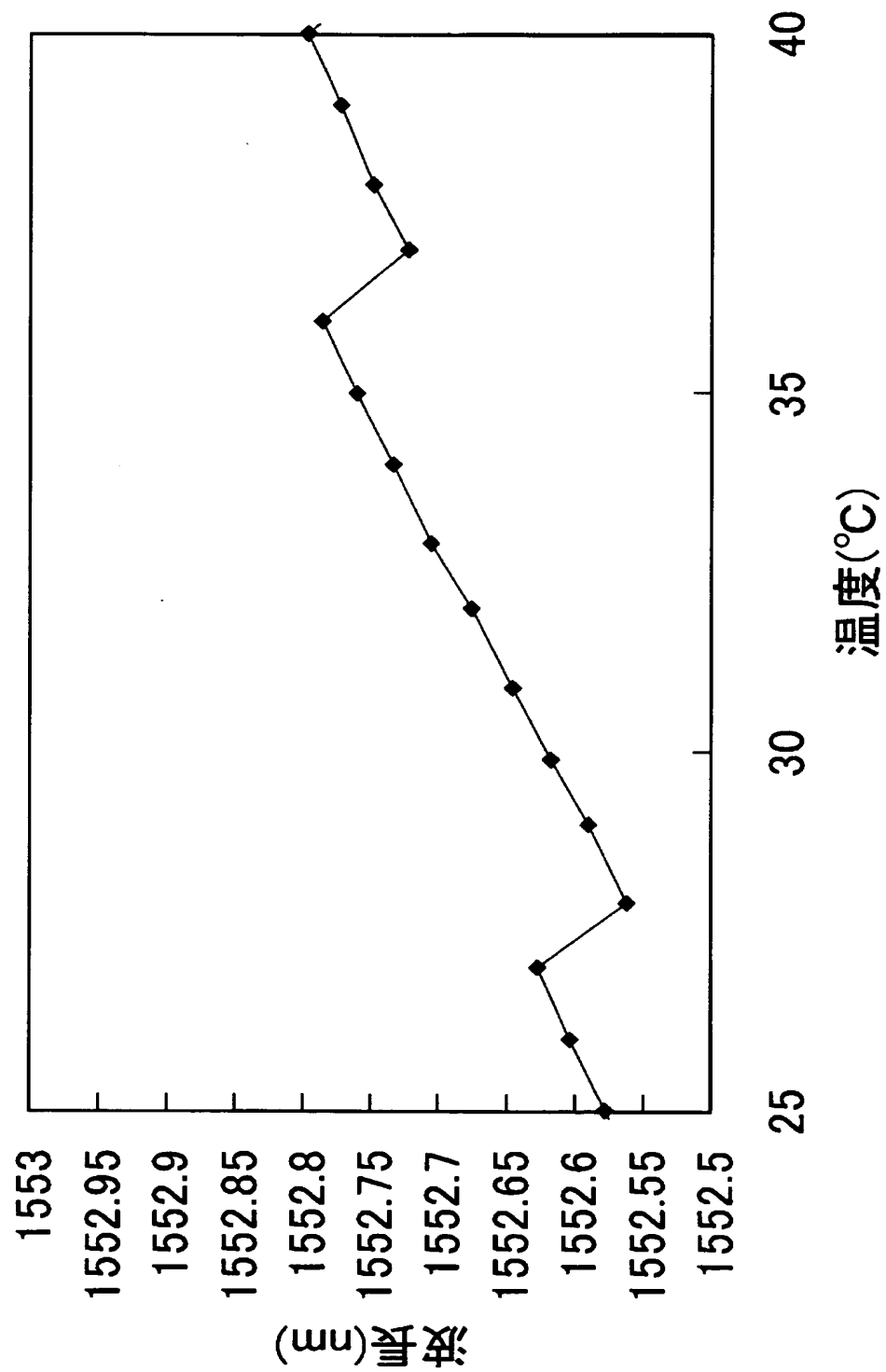
【図 8】



【図 9】

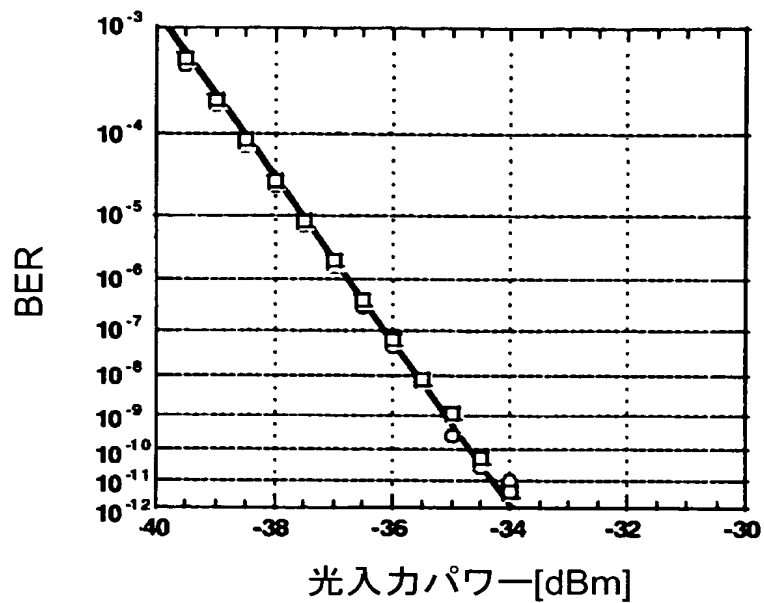


【図 10】

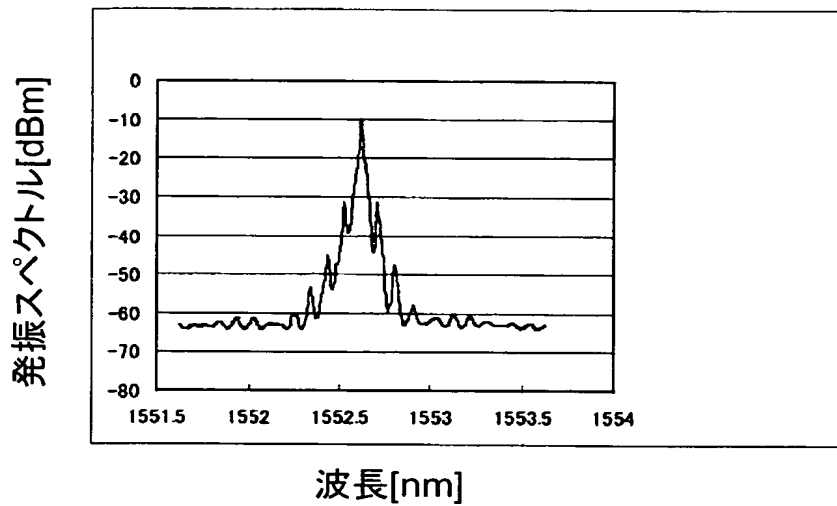


【図 11】

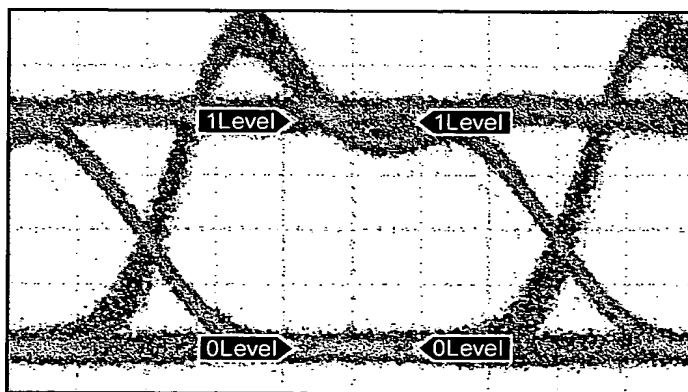
(A)



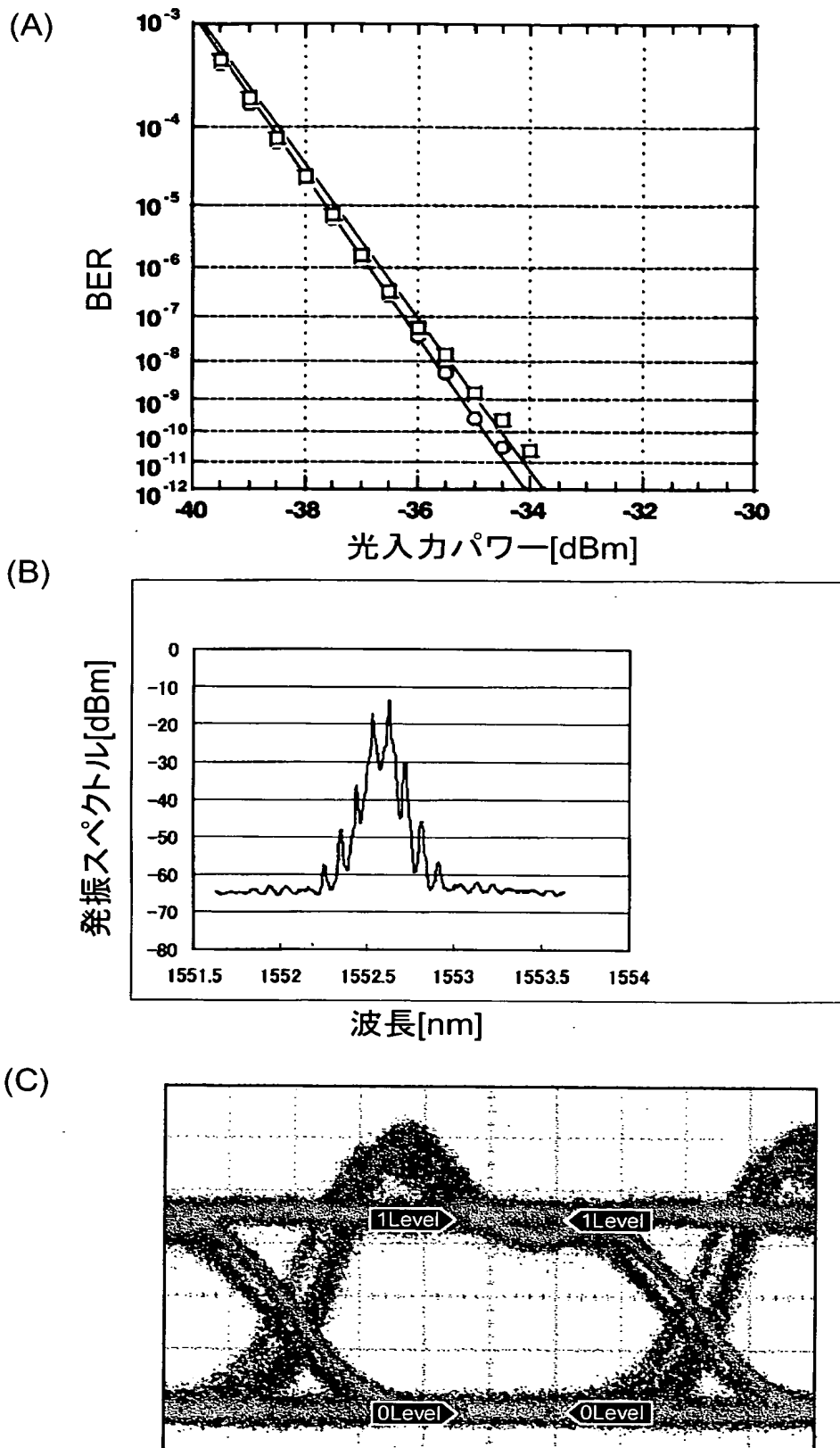
(B)



(C)

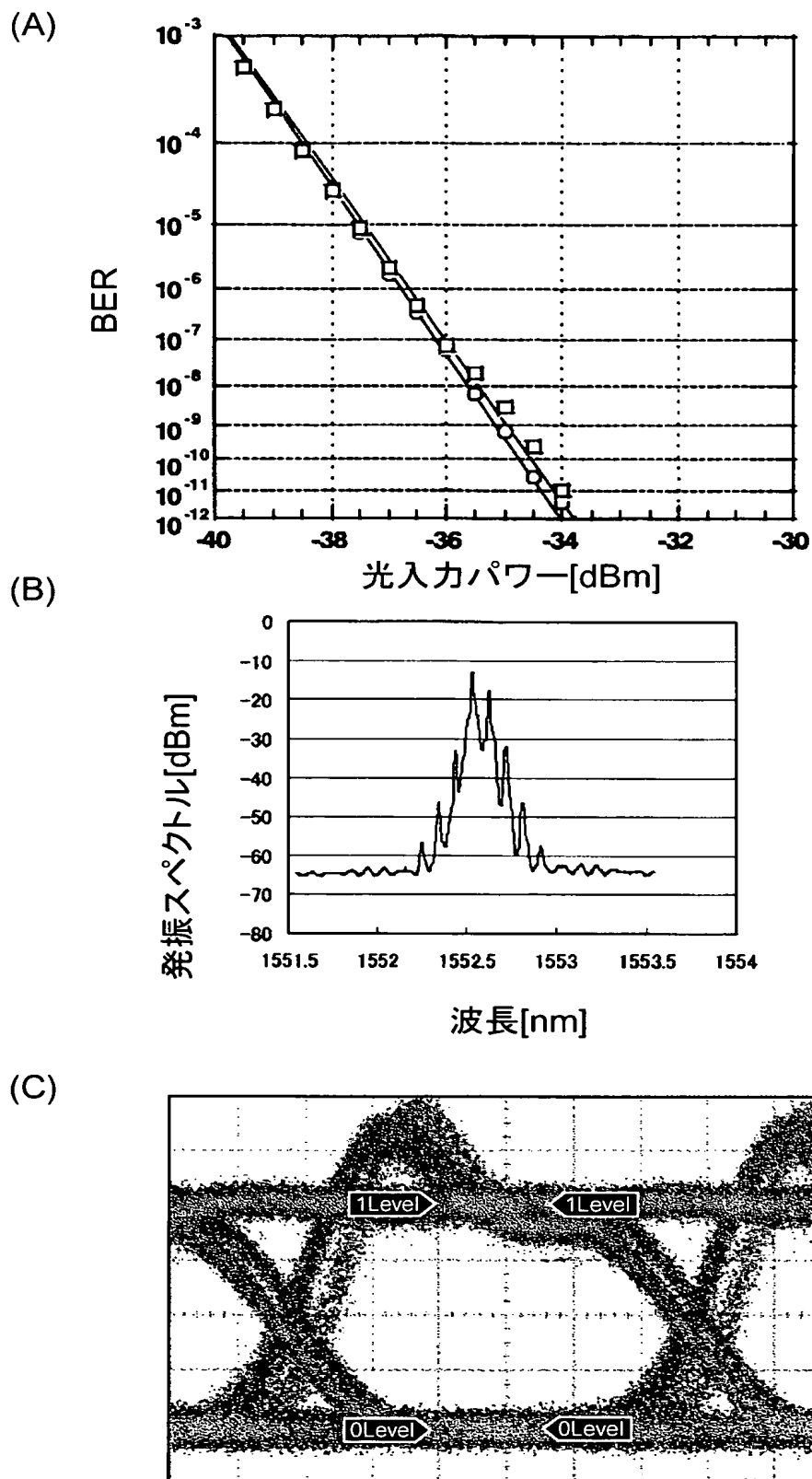


【図 12】



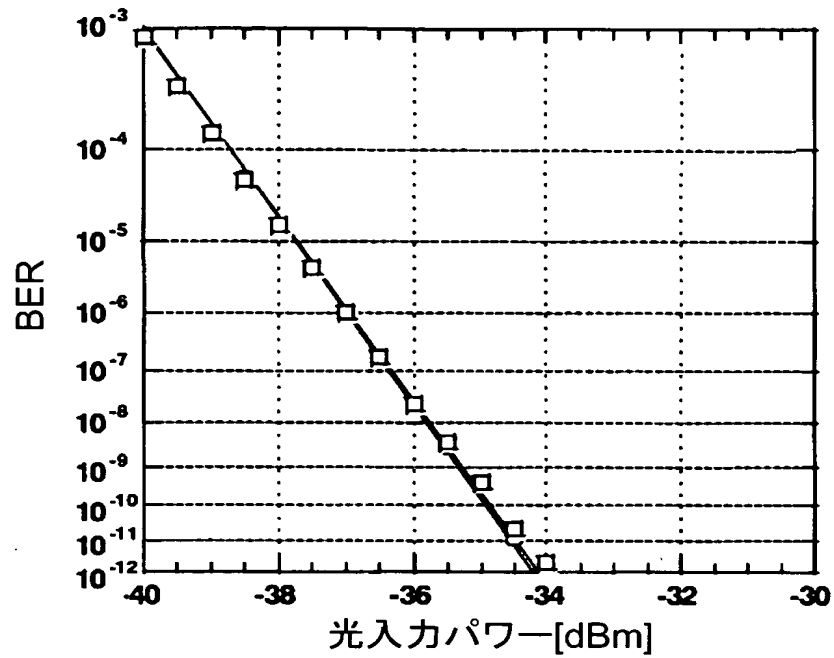


【図 13】

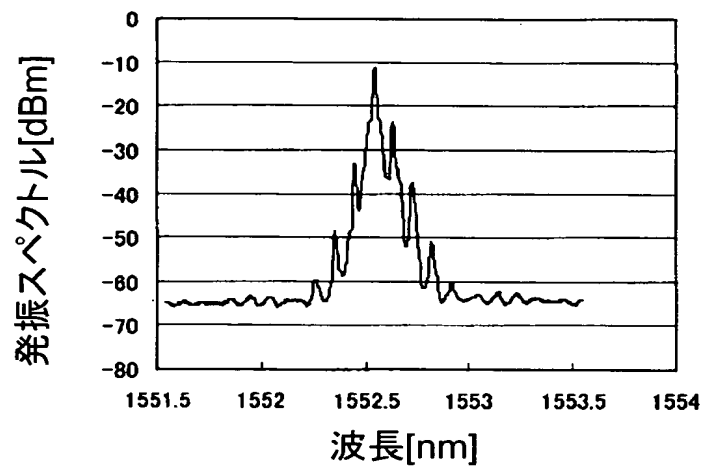


【図 14】

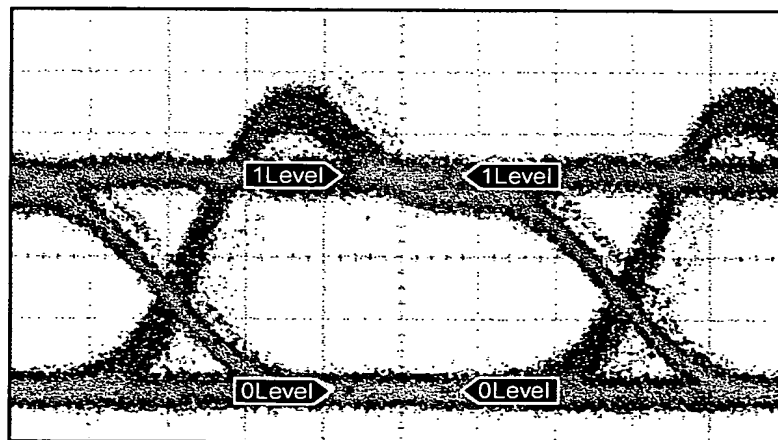
(A)



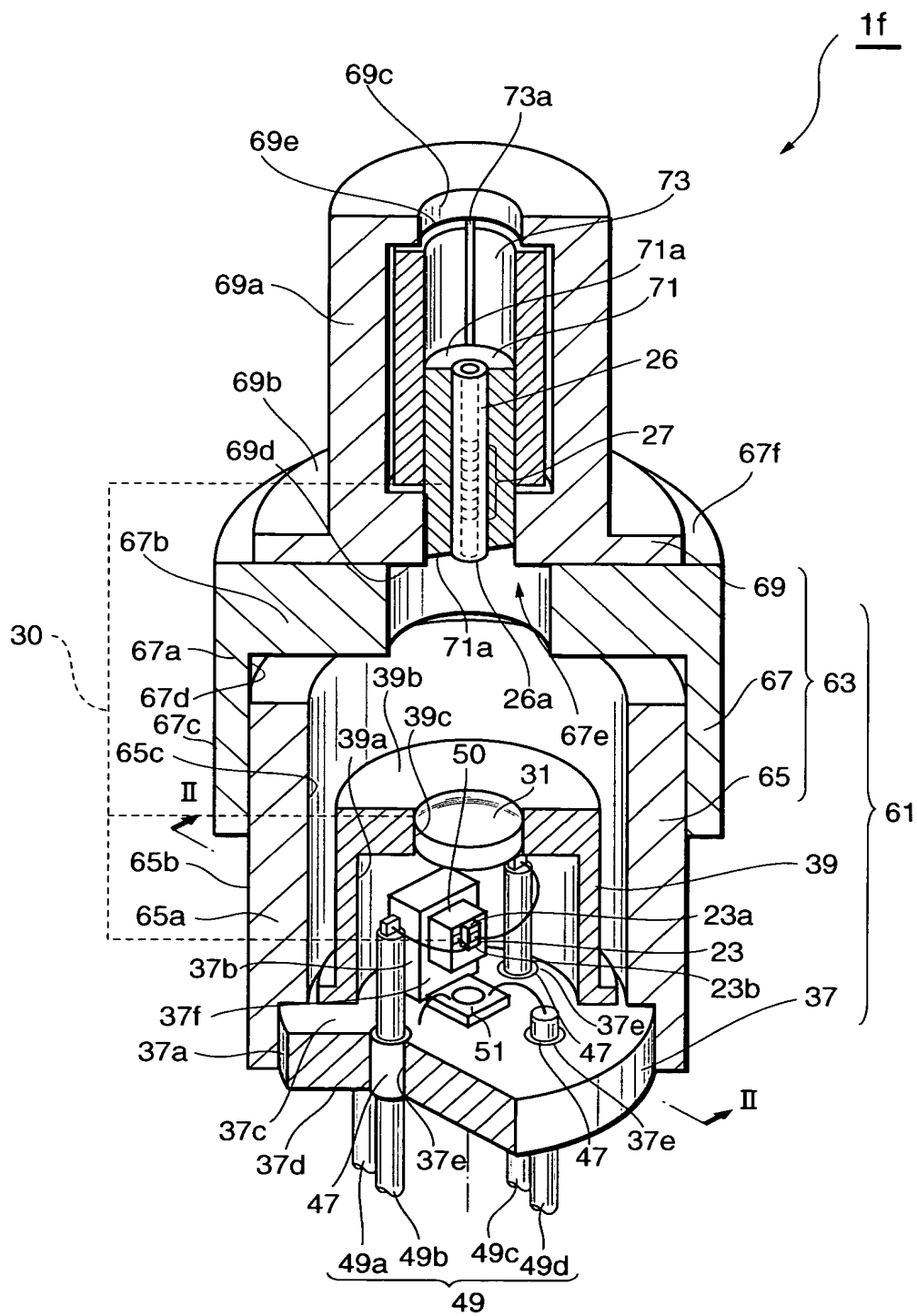
(B)



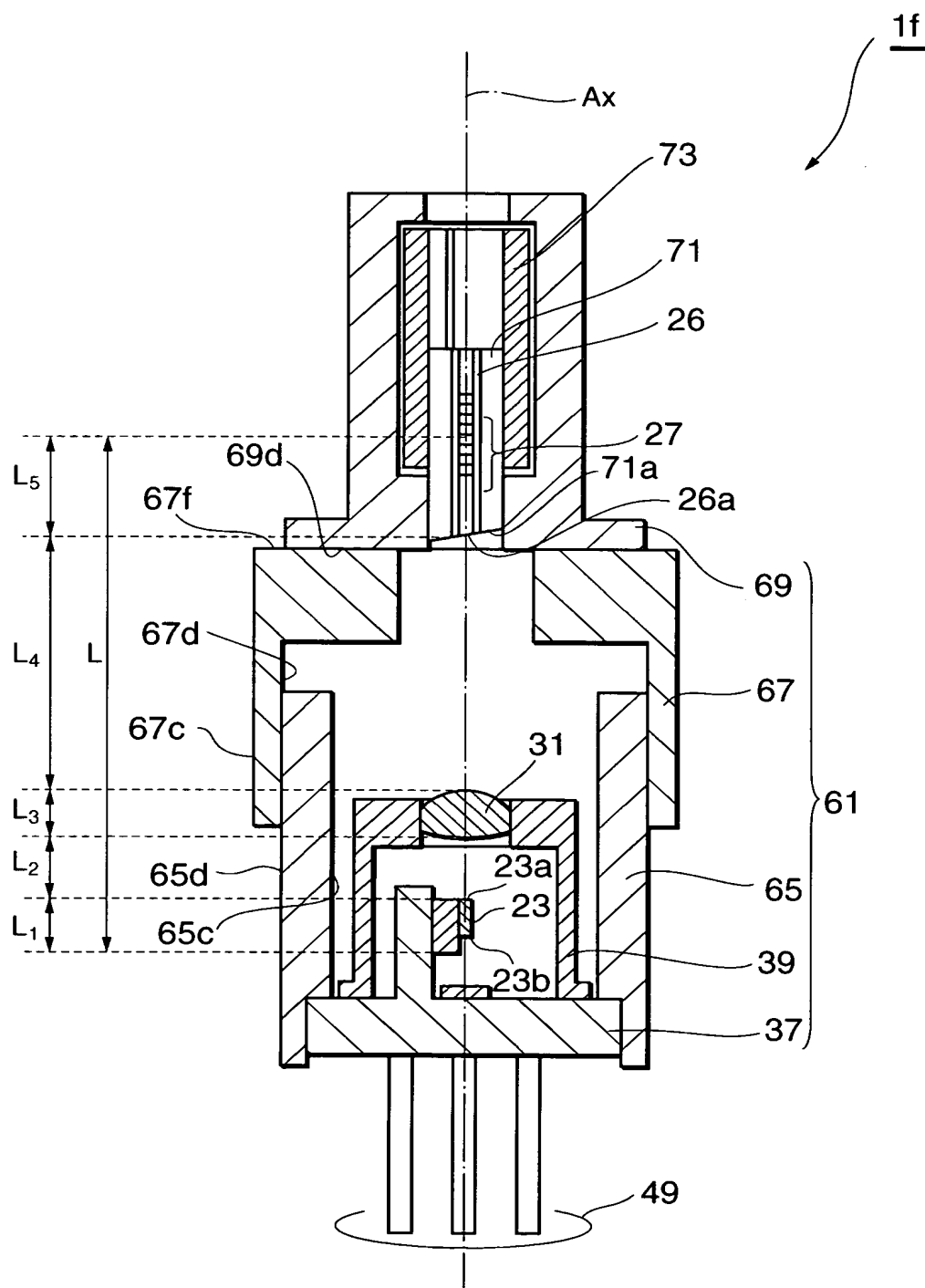
(C)



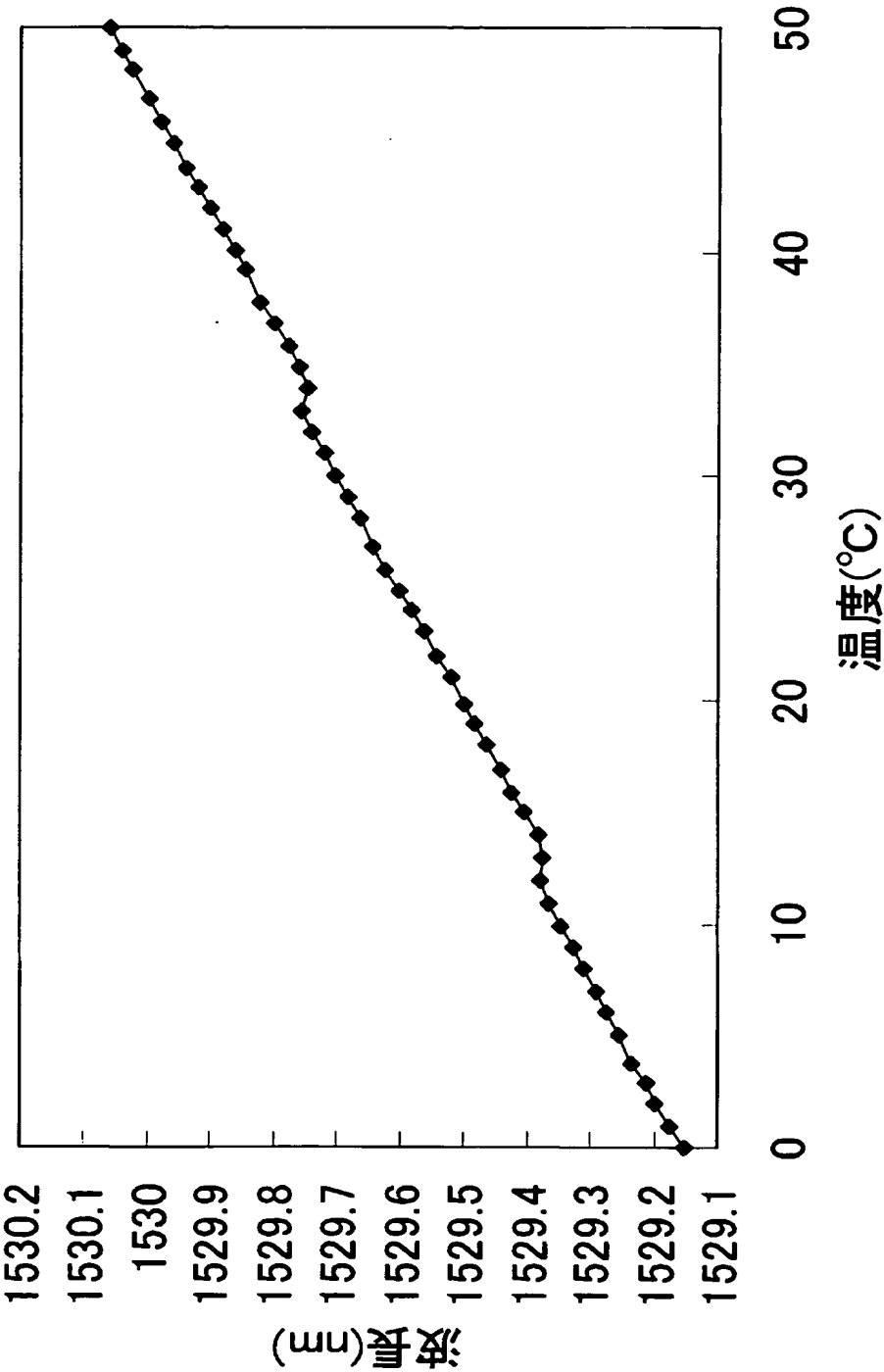
【図 15】



【図 16】

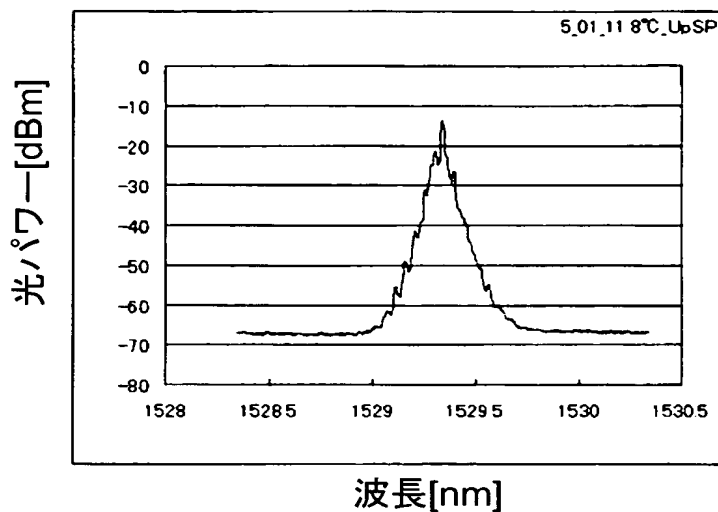


【図 17】

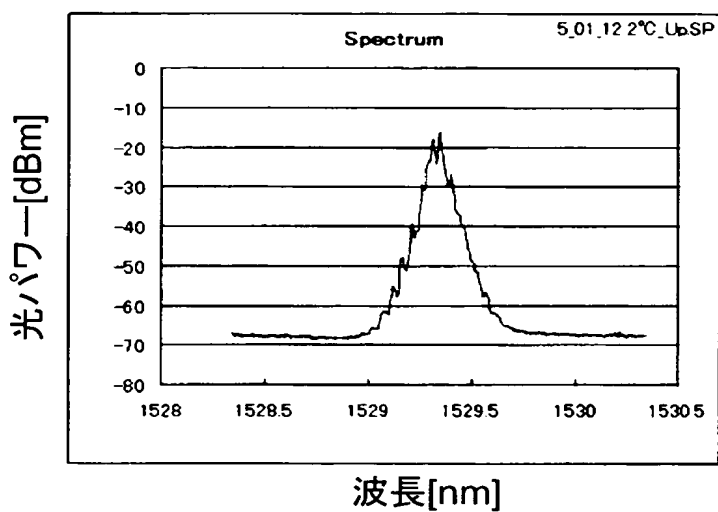


【図 18】

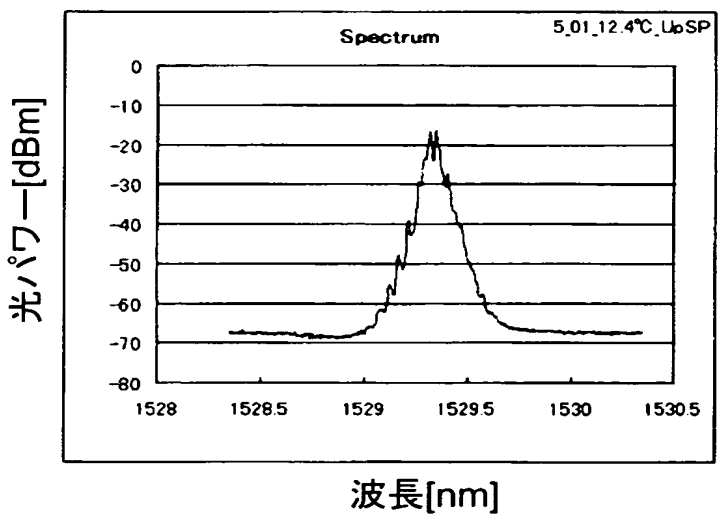
(A)



(B)

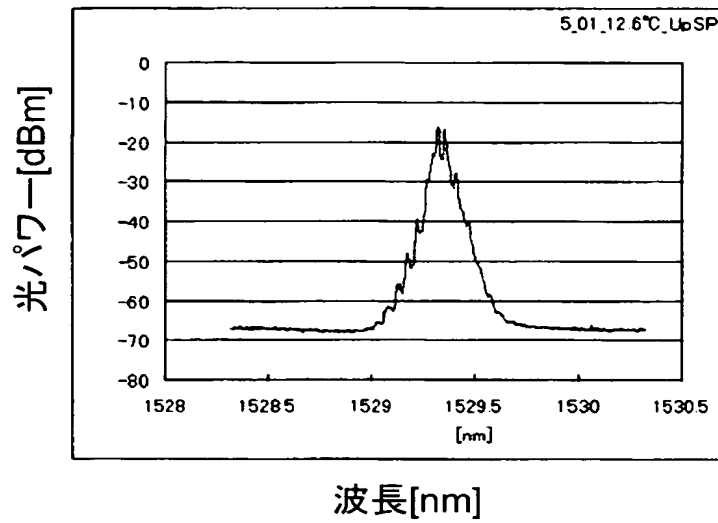


(C)

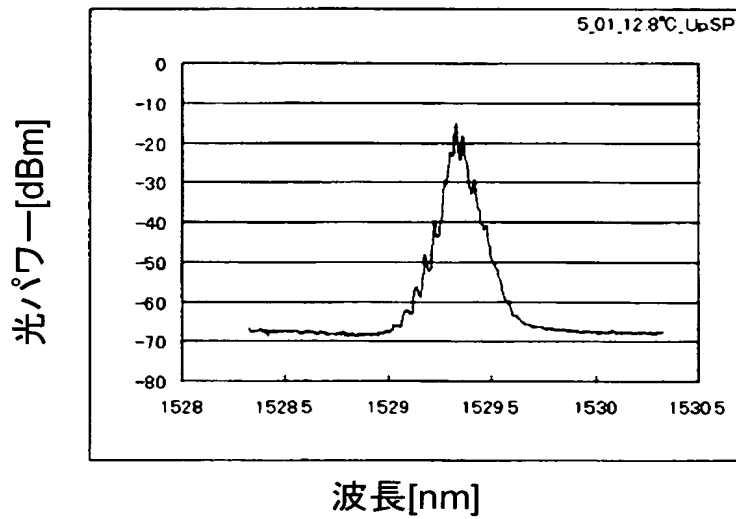


【図 19】

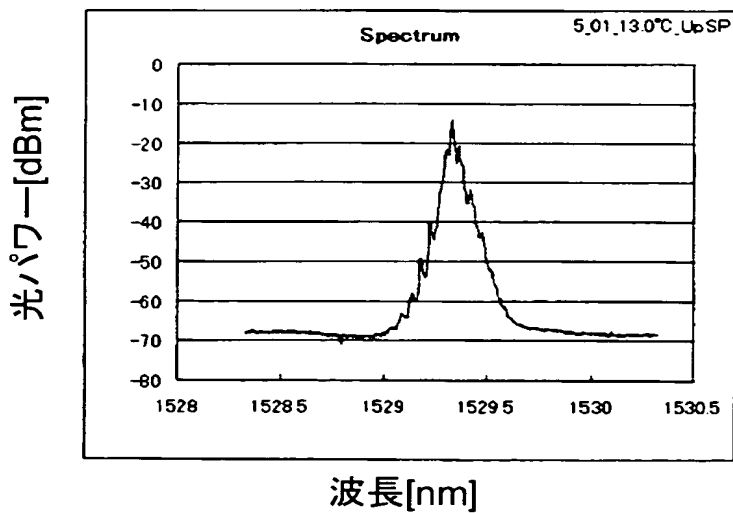
(A)



(B)

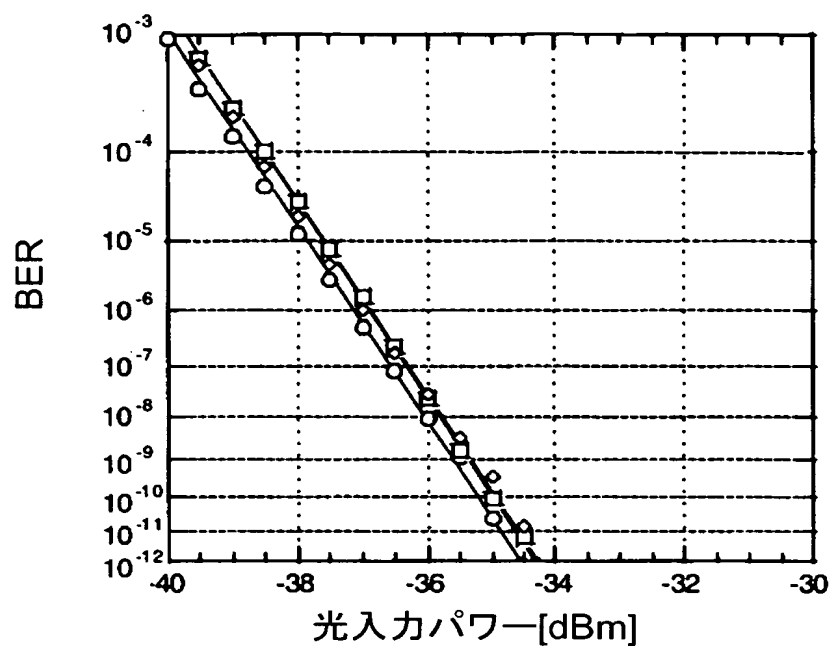


(C)

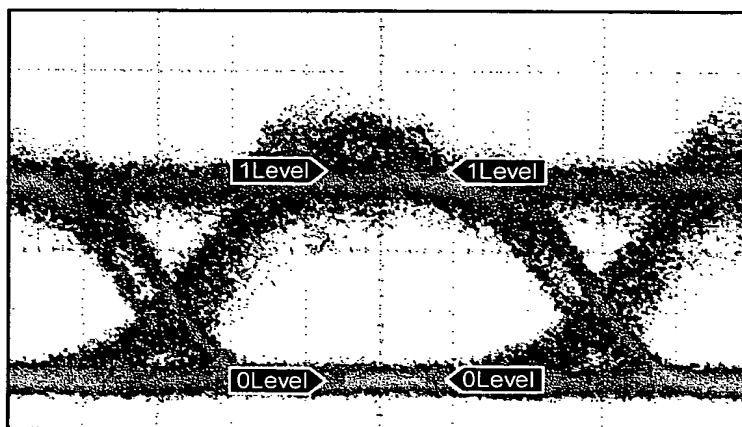


【図 20】

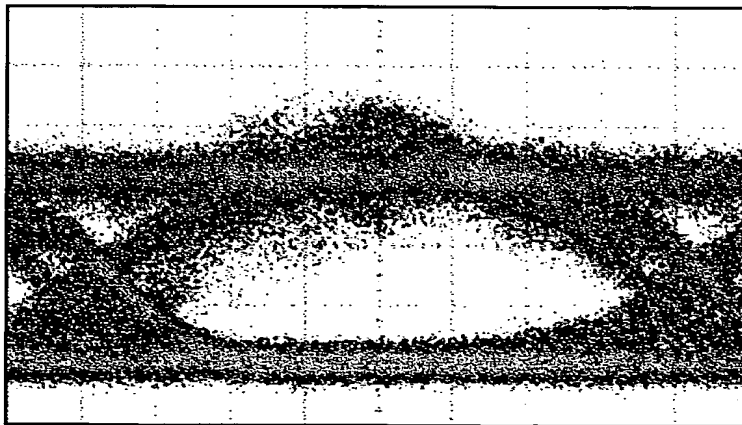
(A)



(B)

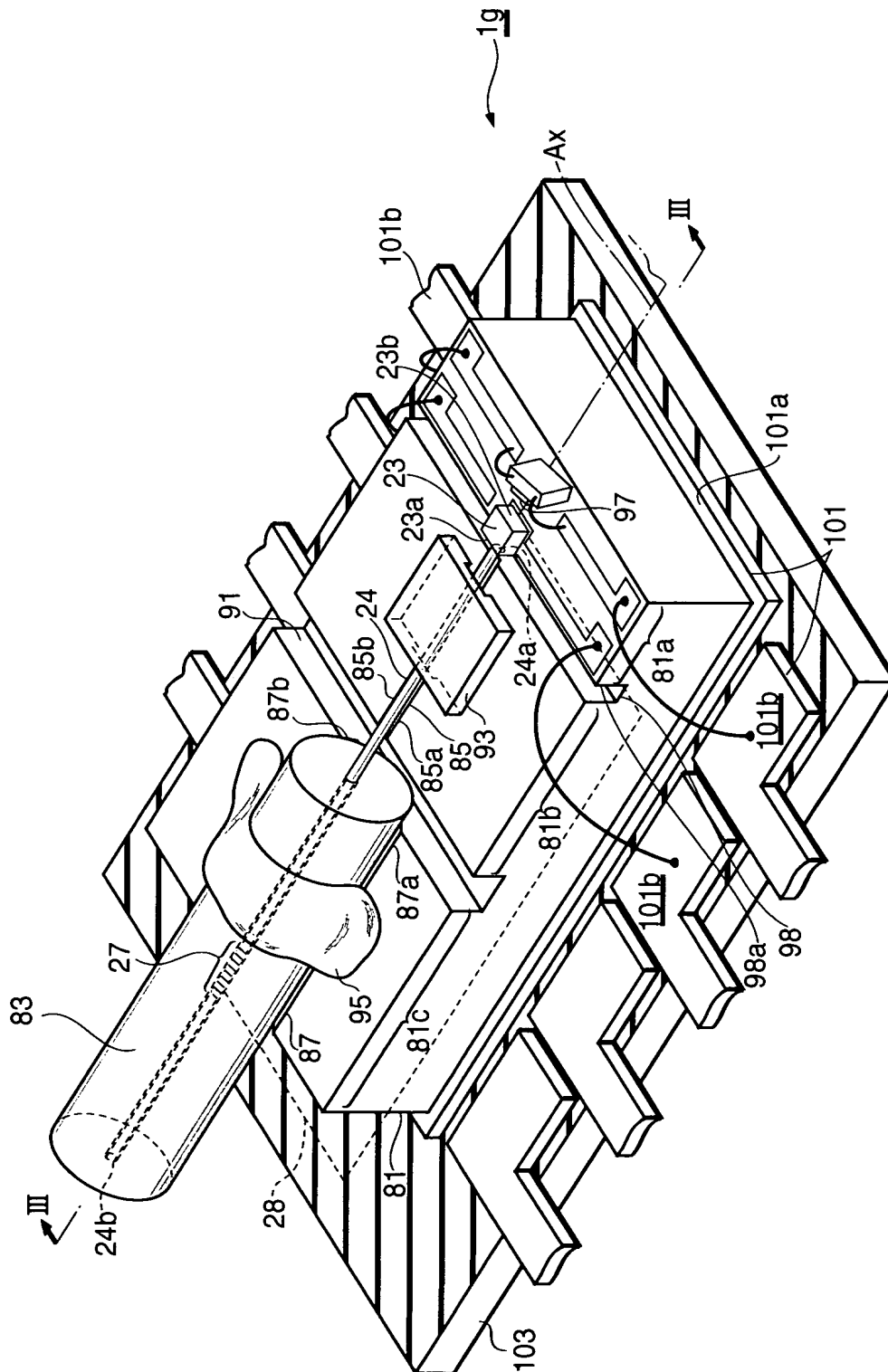


(C)

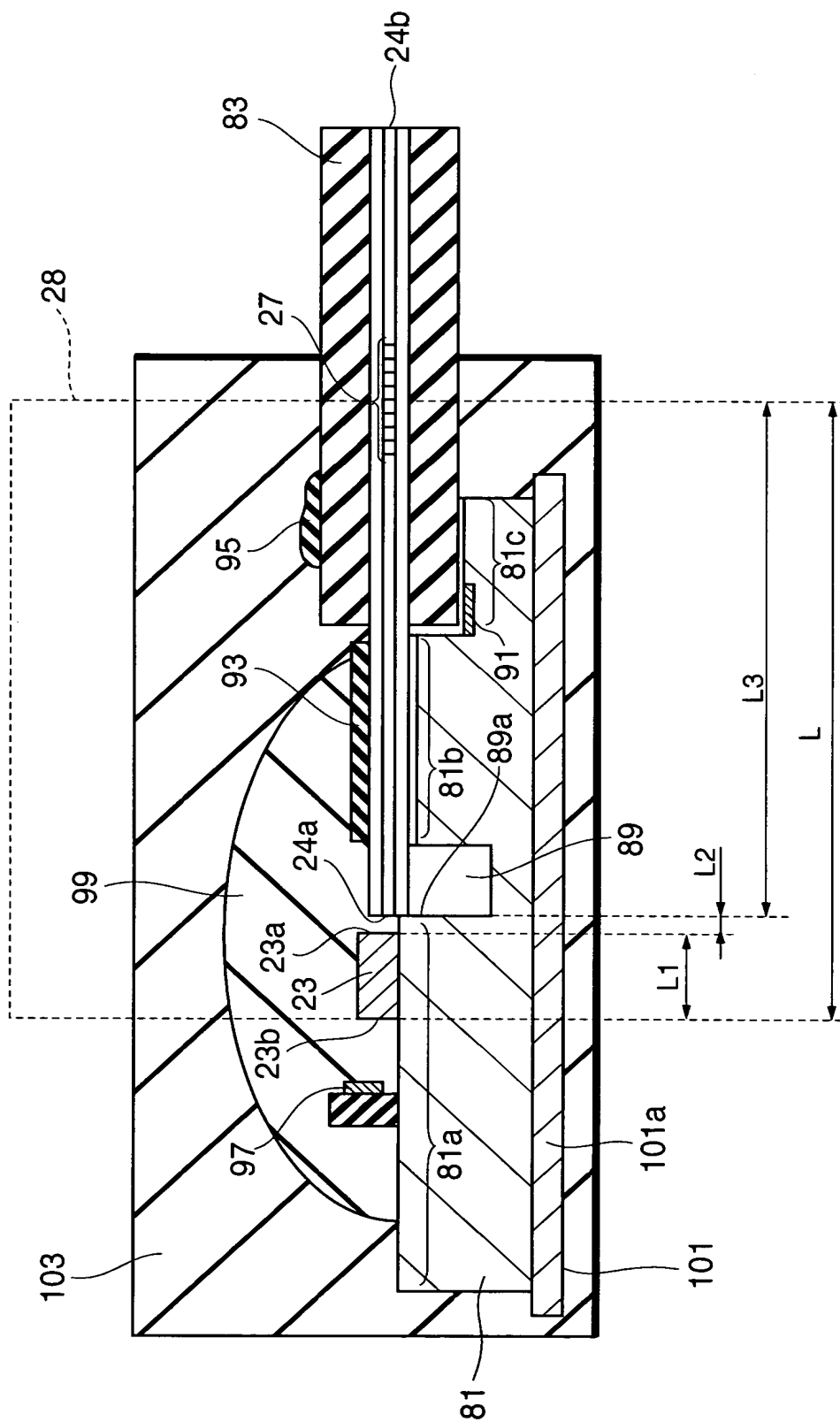




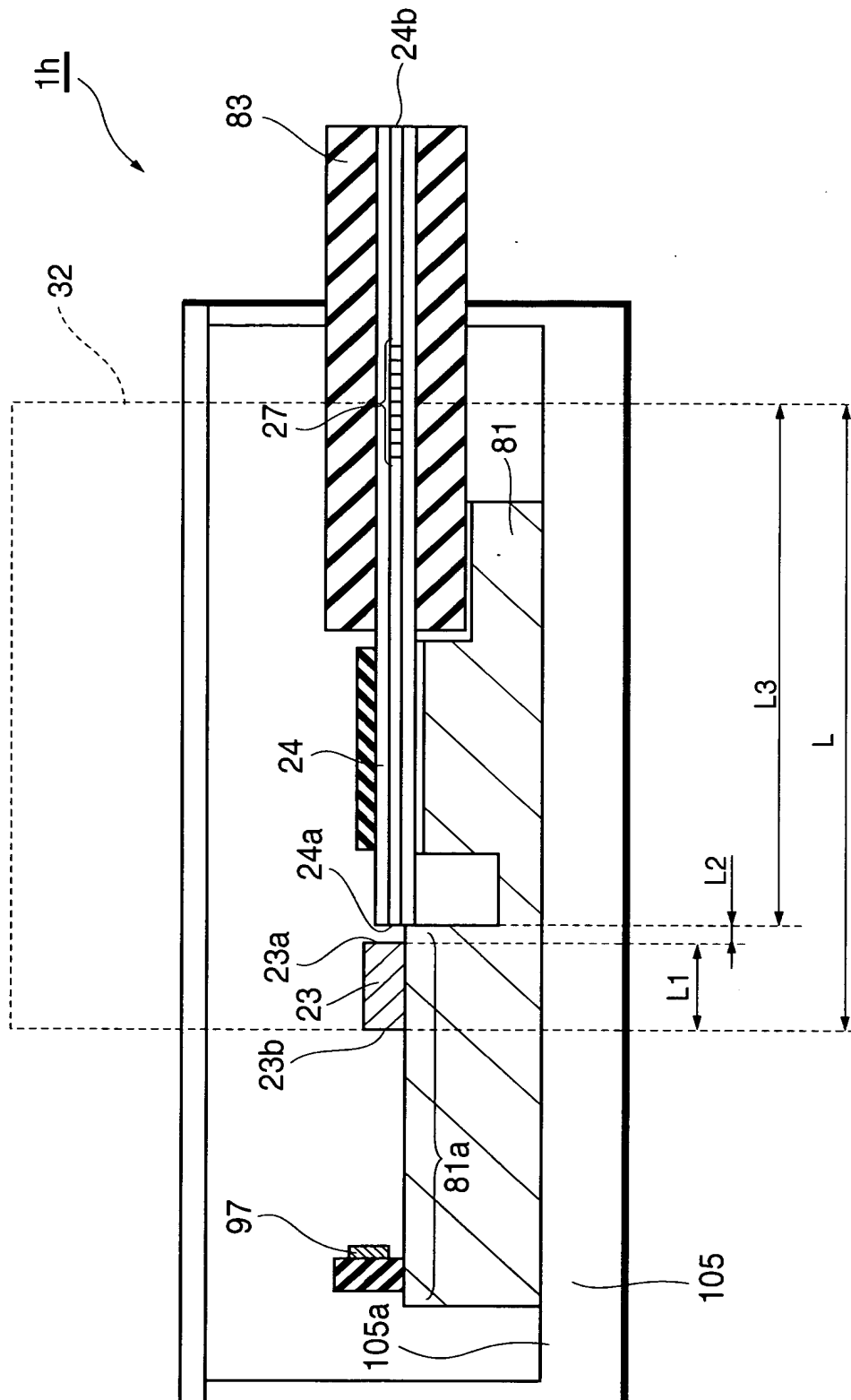
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 モードホップの発生の有無に関係なく光源として利用できる光通信のためのファイバグレーティングレーザを提供する。

【解決手段】 ファイバグレーティングレーザモジュール 1 a、1 b は、半導体光増幅素子 3 と、光ファイバといった光導波路 5 と、ファイバグレーティングといった回折格子 7 とを備える。半導体光増幅素子 3 は、第 1 の端面 3 a 及び第 2 の端面 3 b を有する。光導波路 5 は、半導体光増幅素子 3 に光学的に結合されている。回折格子 7 は、光導波路 5 に光学的に結合されている。半導体光増幅素子 3 の第 1 の端面 3 a 及び回折格子 7 は光共振器を構成している。外部共振器 7 の光学的共振器長 L は 13 ミリメートル以上である。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 5 4 6 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中心区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社